



**MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO SOSTENIBLE
MIDES**

**REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS SOBRE EL RIESGO DE CÁNCER
DE PULMÓN EN TRABAJADORES DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
CIVIL**

Autor: Rita Stella María Cahuana Pinto

**Universidad de la Costa-CUC
Departamento de Civil y Ambiental
Barranquilla, Colombia
2020**

**MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO SOSTENIBLE
MIDES**

Trabajo de grado para obtener el título de Magister en Desarrollo Sostenible

**REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS SOBRE EL RIESGO DE CÁNCER
DE PULMÓN EN TRABAJADORES DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
CIVIL**

Autor: RITA STELLA MARIA CAHUANA PINTO

Tutor: PhD. Carlos Eduardo Schnorr

Co-Tutor: PhD. Marco Silva Oliveira

Línea de investigación: Gestión y Sostenibilidad Ambiental

**Universidad de la Costa CUC
Departamento de Civil y Ambiental
Barranquilla, Colombia
2020**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Barranquilla, agosto de 2020

Dedicatoria

Hoy que veo realizado este proyecto quiero dedicarle los resultados:

A mi ángel del cielo, ese que Dios decidió enviar a la tierra para traerme al mundo y que ahora me cuida desde arriba, **MI MAMÁ**. Por ella soy lo que soy hoy y sé que es la más feliz de ver este triunfo.

A mi ángel en la tierra, mi de todito, el que se desvive por mí y el que me ama con una locura inexplicable, **MI PAPÁ**. Esto es todo tuyo. Te lo regalo.

A **MI ESPOSO**, por siempre estar ahí dándome ánimos para no desfallecer en el proceso, el que vivió cada minuto de estos tres años eternos, el que me vio llorar y a punto de desistir. Esto es tuyo también.

A **MIS HERMANOS**, porque sé que todos mis triunfos los enorgullece y a mí me hace feliz crecer por ustedes.

A **MIS SOBRINOS HERMOSOS**, aunque pequeños y quienes quizás no dimensionen el valor de este logro, quiero que en un futuro se sientan orgullosos de su tía y sepan que el cielo es el límite.

Y finalmente a un grupo muy especial, mis **COMPAÑEROS DE OFICINA**, quienes me hacían porras para acabar rápido este arduo trabajo y quienes sin saber en qué consistía siempre confiaban en que sería el mejor de todos.

Agradecimientos

Primero que todo a **DIOS**, porque solo Él y yo sabemos lo que significa cada meta cumplida en mi vida. Es El quien me abre puertas para realizar cada deseo de mi corazón y este era uno de esos.

Al mejor profesor y tutor de todos, **CARLOS SCHNORR**, una persona ejemplar, quien sólo se interesó porque aprendiera a investigar, quien me transmitió el conocimiento necesario para hacer ciencia, pero sobre todo quien me enseñó a que en la vida todo es un balance. **HAY QUE SER PARA HACER**. Este trabajo también es suyo, sin su ayuda no hubiese sido posible.

Gracias.

A todos los **PROFESORES Y COMPAÑEROS DE LA MAESTRÍA** porque dejan una enseñanza en mi vida y una amistad en el tiempo.

Gracias **FAMILIA** por su amor todo el tiempo.

Gracias **AMIGOS**, por sus buenos deseos.

Gracias **JEFES y COMPAÑEROS DE OFICINA**, por su apoyo.

Resumen

Estudios sugieren una asociación entre exposición ocupacional en la industria de la construcción y cáncer de pulmón. Sin embargo, la evidencia de la literatura es limitada. Se realizó una revisión sistemática y metaanálisis para evaluar el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de construcción. Fueron incluidos estudios de cohorte, caso control y revisión, cuyos participantes hayan sido trabajadores de construcción, con diagnóstico médico de cáncer de pulmón, y reporte de datos para evaluación del riesgo. En total, 1699 estudios potenciales fueron identificados, pero solamente 18 estudios de caso y control cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. Los estudios totalizaron 133190 participantes; 11479 del sector de la construcción (6112 casos y 5367 controles) y 121711 que laboran en otras industrias y nunca han laborado en construcción (56744 casos y 64967 controles). El metaanálisis de efectos aleatorios reveló incremento del riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de construcción ($OR = 1,23$; $IC95\% = 1,07-1,40$; $Z = 2,97$; $p = 0,003$) en comparación con el grupo referencial. Se observó mayor riesgo de cáncer de pulmón en albañiles ($OR = 1,77$; $IC95\% = 1,56 - 2,01$; $Z = 8,81$; $p < 0,00001$), carpinteros ($OR = 1,31$; $IC95\% = 1,02 - 1,69$; $Z = 2,11$; $p = 0,04$) y plomeros ($OR = 1,46$; $IC95\% = 1,09 - 1,95$; $Z = 2,51$; $p = 0,01$). Mientras que, para asbesto ($OR = 1,00$; $IC95\% = 0,43 - 2,32$; $Z = 0,00$; $p = 1,00$). Datos limitados en estudios primarios no permitió el análisis para otros contaminantes. Los resultados contribuyen para gobernantes e investigadores porque integra y valida las evidencias sobre afectación a la salud de trabajadores de construcción por exposición ocupacional.

Palabras clave: albañiles, carpinteros, plomeros, revisión sistemática, neoplasma de pulmón

Abstract

Studies suggest an association between occupational exposure in the construction industry and lung cancer. However, the evidence from the literature is limited. A systematic review and meta-analysis were performed to assess the risk of lung cancer in construction workers. Cohort, case-control and review studies were included, whose participants were construction workers, with a medical diagnosis of lung cancer, and data reporting for risk assessment. In total, 1699 studies were potentially identified, but only 18 case-control studies met the inclusion and exclusion criteria. The studies totaled 133,190 participants; 11479 from the construction sector (6112 cases and 5367 controls) and 121711 who works in other industries and has never worked in construction (56744 cases and 64967 controls). The random effects meta-analysis revealed an increased risk of lung cancer in construction workers (OR = 1.23; 95% CI = 1.07-1.40; Z = 2.97; p = 0.003) compared to the referential group. There was an increased risk of lung cancer in bricklayers (OR = 1.77, 95% CI = 1.56 - 2.01, Z = 8.81, p <0.00001), carpenters (OR = 1.31, CI95 % = 1.02 - 1.69; Z = 2.11; p = 0.04) and plumbers (OR = 1.46; 95% CI = 1.09 - 1.95; Z = 2.51; p = 0.01). While, for asbestos (OR = 1.00; 95% CI = 0.43 - 2.32; Z = 0.00; p = 1.00). Limited data in primary studies did not allow analysis for other contaminants. The results evaluated for rulers and researchers because they integrate and validate the evidence on the health effects of construction workers due to occupational exposure.

Keywords: bricklayers, carpenters, plumbers, systematic review, lung neoplasm

Contenido

Lista de tablas y figuras.....	10
Introducción	12
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos	18
Marco Teórico	18
Industria de la Construcción Civil.....	18
Ocupaciones en la industria de la construcción civil.....	19
Contaminantes químicos en la industria de la construcción civil.....	20
Toxicología ocupacional	28
Enfermedades diagnósticas en la industria de la construcción.....	29
Alergia, irritación y Asma	31
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)	32
Fibrosis Pulmonar	32
Evaluación de Riesgo	35
Revisión sistemática y metaanálisis	36
Estado Del Arte	38
Metodología	44
Planeación.....	44

Pregunta de Investigación.....	44
Protocolo de Investigación.....	45
Ejecución de la Revisión Sistemática.....	46
Búsqueda de literatura	46
Selección de artículos	48
Extracción y gestión de datos	50
Síntesis de datos.....	50
Resultados	54
Selección de estudios.....	54
Características de los Estudios	57
Riesgo de Cáncer de Pulmón.....	62
Riesgo de cáncer de pulmón por ocupación en la industria de la construcción.....	63
Riesgo de cáncer de pulmón por contaminante en la industria de la construcción civil ..	65
Discusión.....	67
Conclusiones	74
Recomendaciones.....	76
Referencias.....	77
Material Complementario O Anexos	93

Lista de tablas y figuras**Tablas**

Tabla 1.	29
Tabla 2 Literatura sobre riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción.....	38
Tabla 3 Calidad metodológica de los estudios de caso – control (metodología NOS).....	55
Tabla 4.	59
Tabla 5. Riesgo de cáncer de pulmón por ocupación en la industria de la construcción civil	64

Figuras

Figura 1. Adaptado de Jerarquía de los diseños de estudio de investigación. Tomado de (Jesson, Matheson, & Lacey, 2011).....	43
Figura 2. Metodología de la investigación.....	44
Figura 3 Elementos de la pregunta de investigación	45
Figura 4 Protocolo en la plataforma PROSPERO	54
Figura 5 Diagrama de flujo de selección de artículos.....	56
Figura 6. Metaanálisis de efectos aleatorios entre la exposición a contaminantes químicos en la industria de la construcción y el riesgo de cáncer de pulmón.....	62
Figura 7. Funnel plot para 18 estudios de caso y control sobre exposición de trabajadores a contaminantes químicos en la industria de la construcción y el riesgo de cáncer de pulmón	63
Figura 8 Riesgo de cáncer de pulmón en albañiles.....	65
Figura 9 Riesgo de cáncer de pulmón en carpinteros	65
Figura 10 Riesgo de cáncer de pulmón en plomeros	65

Lista de símbolos y abreviaturas

PM: Material particulado

SO_x: Óxido de azufre

NO_x: Monóxido de carbono

COV: Compuestos orgánicos volátiles

HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos

EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

CAMACOL: Cámara Colombiana de la Construcción

WHO: *World Health Organization*

IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer

PROSPERO: *International prospective register of systematic reviews*

WOS: *Web Of Science*

PRISMA: *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses for protocols*

GBD: *Global Burden of Disease*

RR: Riesgo relativo

OR: *Odds ratio*

IC: Intervalo de confianza

Introducción

La construcción es una de las industrias de crecimiento más estable del mundo y es considerada como una de las actividades económicas más demandantes de mano de obra y capaz de ejercer un efecto multiplicador en la economía. Se estima que la mano de obra de la construcción representa hasta 7,5% de la fuerza laboral mundial (Jayakrishnan, Thomas, Rao, & George, 2013). Solamente en Colombia, para el trimestre móvil con corte a octubre de 2019, el número de ocupados fue de 22.386.000 personas, y la construcción como rama de actividad económica participó con el 6,9% de estos ocupados (DANE, 2020). Adicionalmente, en el 2019, en relación al trimestre móvil (agosto-octubre) de 2015, la población ocupada en el total nacional disminuyó 1,9%, mientras que los ocupados en la rama de construcción aumentaron 4,9% (Agudelo Acevedo, Vásquez Hernández, & Ramírez Cardona, 2012). Finalmente, a nivel departamental, el sector se mantiene como una de las ramas de mayor contribución positiva en empleo, con una variación del 12,9% y una participación del 8,4%, empleando alrededor de 78 mil personas en Barranquilla (CAMACOL ATLÁNTICO, 2019).

No obstante, cabe destacar que, pese a su importancia para el crecimiento económico de un país, la industria de la construcción es también uno de los principales actores en el proceso de modificación del planeta y de contaminación ambiental. El sector es el responsable de más de un tercio del consumo de energía en el mundo. Se estima que un 20% de la energía es consumida durante el proceso de construcción y elaboración de materiales (Agudelo Acevedo et al., 2012). Adicionalmente, el sector genera contaminación sonora, residuos sólidos y líquidos, los cuales pueden variar sustancialmente de un día a otro, según el nivel de actividad, las operaciones específicas y las condiciones meteorológicas prevalecientes (Font et al., 2014). Además, las edificaciones producen emisiones durante todo el ciclo de vida desde la etapa de adquisición de materiales, la etapa de construcción y la etapa de uso, hasta la etapa final de la vida útil

(Sandanayake, Zhang, Setunge, Li, & Fang, 2016). Estas emisiones incluyen, pero no se limitan, a material particulado (MP), los óxidos de azufre (SOx), los óxidos de nitrógeno (NOx), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) (Wang et al., 2018).

Durante la construcción se pueden encontrar también otros agentes químicos, tales como fibras minerales naturales y artificiales, cemento, cuarzo, polvos diversos, gases de escape diésel, pinturas y disolventes (Thienen & Spee, 2008). Adicionalmente, las emisiones de partículas durante la construcción de una obra civil están asociadas a diferentes fuentes, entre estas, operaciones de corte y relleno, perforación, transporte de material a granel, carga y descarga, almacenamiento de material al aire libre, fabricación de hormigón y mortero, movimiento de equipos y actividades específicas como estucado, mampostería, herrería etc. (Font et al., 2014). Estos procedimientos pueden producir un alto nivel de partículas las cuales pueden inhalarse al pulmón y, en consecuencia, conducir a enfermedades (Wu, Zhang, & Wu, 2016). Además, en la construcción se pueden encontrar contaminantes químicos que se localizan en hormigones y morteros, como son el cemento y la cal, así como acelerantes, retardantes o anticongelantes (Ortega Herrera, 2004). Del mismo modo, se encuentran los líquidos desencofrantes o en los revestimientos y acabados donde se utilizan yesos, lacas, barnices o pinturas (Fernández, Quintana, Chavarría, & Ballesteros, 2009). Incluso en aquellos trabajos de construcción que parecen más sencillos se encuentran contaminantes como en las tareas de limpieza o en la realización del aislamiento térmico con poliuretano, lana o fibras (Ortega, 2004).

Por otro lado, los efectos nocivos más significativos de las actividades de construcción incluyen el daño a la salud de los trabajadores y las amenazas a su seguridad y bienestar. A nivel de seguridad, las lesiones laborales son un problema de salud pública y económico global con alrededor del 5 al 7% de todas las muertes atribuibles a lesiones laborales (Kiconco et al., 2019). Los accidentes o enfermedades laborales constituyen una carga económica y de salud

considerable para las sociedades de todo el mundo, ya que afectan negativamente la oferta de trabajo y productividad corporativa, que resultan en una desaceleración del crecimiento económico (Lyszcza & Nojszewska, 2018). Por su parte, a nivel de bienestar, el número de enfermedades que se pueden desencadenar por la exposición ocupacional en la construcción es grande e incluye además de lesiones físicas, problemas respiratorios, dermatitis, trastornos musculoesqueléticos, enfermedades gastrointestinales y cáncer de pulmón (Jayakrishnan et al., 2013). Además, la exposición ocupacional está asociada a otras enfermedades como la mesotelioma, cáncer nasal causado por polvo de madera, enfermedades neurológicas de exposición a solventes o metales, enfermedades de la piel por exposición a resinas de cemento o epoxi, entre otras tantas patologías (Thienen & Spee, 2008).

En este sentido es importante destacar que la exposición ocupacional en la industria de la construcción pone en riesgo la salud de los trabajadores expuestos a los contaminantes químicos inducidos de los procesos constructivos citados anteriormente. Los contaminantes descritos pueden entrar a través de las vías respiratorias, como es el caso de polvos, gases o humos. Otros contaminantes pueden penetrar a través de la piel, como son los disolventes. Mientras que otros pueden afectar al trabajador a través de la vía digestiva, ya que existe la posibilidad de ingerir contaminantes disueltos en las mucosidades. Los contaminantes químicos pueden causar graves daños para la salud, desde irritaciones en las vías respiratorias o provocar asfixia al impedir el transporte de oxígeno; hasta provocar efectos narcóticos si estos actúan en el sistema nervioso central (Ibarra Fernández de la Vega, 2017). Adicionalmente, se estima que, los trabajadores de la construcción son tres o cuatro veces más propensos a contraer enfermedades mortales y con el doble de probabilidad de lesionarse en comparación con los trabajadores en otras ocupaciones (Kiconco et al., 2019). Además, se destaca que en general, el cáncer forma el más grande componente entre las enfermedades afectando los trabajadores del sector industrial. Se estima

que la industria de la construcción contribuye con el 56% del total de cánceres atribuibles en hombres y casi la mitad de las muertes y melanomas diagnosticados en el sector industrial en Colombia (DANE, 2019). Se estima que en Colombia el cáncer representa el 32% de los casos de enfermedad seguido de enfermedades circulatorias relacionadas con el trabajo (23%), enfermedades transmisibles (17%) y accidentes ocupacionales (18%) (Cáncer, 2018).

Entre todos los tipos de cáncer, el cáncer pulmón está entre una de las causas más comunes de morbilidad por cáncer y mortalidad en todo el mundo. El estudio de la Carga Global de la Enfermedad (GBD), que es la valoración más actual de la distribución del cáncer mundial, reportó 2,02 millones de nuevos casos de cáncer de pulmón y 1,72 millones de muertes por cáncer de pulmón en el año 2015 (Wang et al., 2018). El cáncer de pulmón, así como el cáncer de senos femeninos, también está entre los tipos principales en todo el mundo en cuanto al número de casos nuevos; para cada uno de estos tipos, se estiman aproximadamente 2,1 millones de diagnósticos en 2018, contribuyendo con aproximadamente el 11,6% de la carga total de incidencia de cáncer (World Health Organization, 2018). En Colombia, el cáncer de pulmón ocupó el segundo lugar en la mortalidad general por cáncer y representó el 11,8% de las defunciones, además de ser la tercera causa de muerte en hombres (7,1% del total) después de estómago y próstata, y la cuarta en mujeres (4,7% del total) (Pardo, Vries, Buitrago, & Gamboa, 2017).

En especial, estudios investigando una asociación entre la exposición a contaminantes comúnmente encontrados en la industria de la construcción civil y el cáncer de pulmón han observado un mayor riesgo de cáncer de pulmón en esa población (Lacourt, Pintos, Lavoué, Richardson, & Siemiatycki, 2015b). Desde 1990, varios estudios de cohortes realizados en diferentes países encontraron una mortalidad significativamente elevada para cáncer de pulmón entre los trabajadores de la construcción (Lacourt et al., 2015b). En California, un estudio

encontró que los trabajadores de la construcción tenían un riesgo significativamente elevado de cáncer de pulmón y por cada subtipo histológico de cáncer de pulmón examinado, todas las ocupaciones en la construcción, excepto gerentes / ingenieros y supervisores, tuvieron un riesgo elevado de cáncer de pulmón (Calvert et al., 2012). Así mismo, un estudio en Montreal sugirió un ligero aumento del riesgo de cáncer de pulmón para sujetos que alguna vez tuvieron una ocupación en la industria de la construcción. Hubo sugerencias de mayores riesgos entre los trabajadores expuestos a polvo del suelo, amianto, sílice cristalina, cemento portland, óxido de calcio y sulfato de calcio (Lacourt et al., 2015b). Además, hay evidencia de que los albañiles están en un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón, dolor lumbar, brazo y lesiones musculoesqueléticas en comparación con los supervisores de obra (Boschman, Van der Molen, Sluiter, & Frings-dresen, 2011).

Por lo tanto, es evidente que existe información en la literatura sobre los riesgos del cáncer de pulmón asociado a los principales agentes de la industria de la construcción. Sin embargo, es importante comparar, recopilar y sintetizar la información de todos los estudios primarios independientes dada la gran cantidad de trabajadores en esta industria y el alto impacto del cáncer de pulmón tanto para el trabajador cuanto para la economía debido a los costos directos e indirectos asociados a esa enfermedad. Esta síntesis va a permitir obtener estimaciones más precisas y válidas sobre el riesgo de cáncer, y en particular riesgo de cáncer de pulmón, en trabajadores de construcción (Lacourt, Pintos, Lavoué, Richardson, & Siemiatycki, 2015a). Actualmente, la revisión sistemática y el metaanálisis son las principales metodologías para obtener una síntesis sólida y veraz de evidencias científicas, pues las revisiones sistemáticas representan el nivel jerárquico más elevado de evidencia (Urru & Gonza, 2019). Así, se considera que los resultados obtenidos en el presente estudio serán valiosos para corroborar la validez de la afectación a la salud de los trabajadores de construcción por exposición

ocupacional. Además, una revisión sistemática sobre el tema permitirá: 1) proporcionar datos sobre la metodología de los diferentes estudios y las fortalezas de la literatura publicada, que puede ayudar al desarrollo de nuevos diseños experimentales; y 2) identificar las razones de las discrepancias o las contradicciones entre los resultados de las distintas investigaciones, impulsando a rediseñar los estudios con el objeto de mejorar la investigación existente. De esa manera, se obtendrá un resumen no sesgado de investigaciones originales múltiples, mediante un método riguroso y explícito para la identificación, evaluación crítica y síntesis de la evidencia obtenida.

Finalmente, y teniendo en cuenta que actualmente se cuenta con revisiones sistemáticas de riesgo de cáncer de pulmón para diferentes ocupaciones, pero no sobre el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la industria de la construcción civil, esta revisión sistemática de la literatura apunta a dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿ES MAYOR EL RIESGO DE CÁNCER DE PULMÓN EN LOS TRABAJADORES QUE HAN ESTADO EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE A CONTAMINANTES QUÍMICOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la industria de la construcción civil expuestos ocupacionalmente a contaminantes químicos.

Objetivos Específicos

Comparar el riesgo de cáncer de pulmón asociado a las diferentes ocupaciones de la industria de la construcción civil.

Identificar el riesgo de cáncer de pulmón asociado a los contaminantes presentes en la industria de la construcción.

Marco Teórico

Industria de la Construcción Civil

La industria de la construcción es protagonista en el desarrollo de las sociedades porque es responsable directa de la creación de infraestructura de vivienda, transporte, instalaciones sanitarias, entre otros proyectos, en los que se gesta la cultura y el crecimiento económico de la humanidad (Agudelo Acevedo et al., 2012). En su esencia, la industria de la construcción civil está conformada por el conjunto de actividades productivas agrupadas en 3 etapas. La *Etapa I*, identificada como “*producción primaria*”, abarca todas las actividades dedicadas a la extracción de minerales que sirven como insumos para la industria, tal como la cal, arena y grava, mármol, sílice, entre otros, elementos que constituyen insumos tanto para la fabricación de materiales para la construcción como para el proceso de construcción mismo. La *Etapa II*, también llamada “*transformación*”, abarca todas las actividades de la industria manufacturera que elaboran materiales para la construcción, por ejemplo, cemento, concreto, varillas, vidrio, ladrillos, pinturas, muebles para baño, losetas, materiales eléctricos. Finalmente, la *Etapa III*, denominada

“*construcción*”, está conformada por actividades que constituyen diferentes modalidades de construcción, edificación e instalaciones, tanto de viviendas como de infraestructura, obras de urbanización y construcciones de tipo industrial (Robles Rodriguez & Velazquez García, 2013).

Haciendo énfasis en la *Etapas III*, las actividades de mayor importancia son la edificación residencial y la edificación no residencial. La primera abarca todas las unidades económicas dedicadas a la construcción de obras para vivienda, ya sean unifamiliares o multifamiliares, incluyendo construcción nueva, ampliación, remodelación, mantenimiento o reparación integral de las construcciones. Por otro lado, la segunda incluye a todas las unidades económicas dedicadas a la construcción de edificios no residenciales para fines industriales, comerciales, institucionales y de servicios (Robles Rodriguez & Velazquez García, 2013). Adicionalmente, la *Etapas III* incluye otras actividades de importancia como la construcción de carreteras, puentes y similares, y la construcción de obras de urbanización que incluye obras para la dotación de servicios a un conjunto de lotes, como calles, banquetas, redes de agua potable, redes de distribución de gas y redes de alcantarillado, tanto para la edificación residencial como para la no residencial (Robles Rodriguez & Velazquez García, 2013). En Colombia, la actividad constructora está dividida en dos grandes ramas: la de la edificación, que primordialmente se dedica a soluciones de vivienda; y la de las obras civiles de infraestructura. Estas últimas, a su vez, se desagregan en públicas y privadas (Jayakrishnan et al., 2013).

Ocupaciones en la industria de la construcción civil

Dentro de la industria de la construcción es importante destacar que existen diferentes carreras, ocupaciones u oficios. Con relación al nivel de calificación, estos se pueden dividir en tres niveles principales: no calificados y semicualificados, expertos y técnico y gerencia. Los no calificados y semicualificados incluyen la mano de obra general con poca o ninguna calificación de construcción. Los expertos incluyen aquellos que poseen amplios conocimientos y

experiencia en su oficio o profesión. Los técnicos y gerencia incluyen el personal con las mejores calificaciones educativas, generalmente títulos de posgrado, capacitados para diseñar, administrar e instruir el proceso de construcción (Ruggirello, 2011). Además, los trabajadores también están divididos en diferentes oficios, como carpintero, electricista, operador de equipo pesado, instalador de aislamiento, trabajador de hierro, pintor, yesero, fontanero, trabajador de chapa, fijador de acero, entre otros (Ruggirello, 2011).

Contaminantes químicos en la industria de la construcción civil

Los contaminantes químicos son aquellas sustancias orgánicas o inorgánicas, naturales o sintéticas y carentes de vida propia, que estando presentes en el medio laboral puedan ser absorbidas por el organismo y causar efectos adversos a las personas expuestas (Falagán Rojo, Alonso, Ferrer Piñol, & Fernández Quintana, 2000). Los trabajadores de la construcción pueden estar expuestos a numerosos agentes físicos y químicos como el asbesto, sílice, material particulado, solventes y otros químicos. Además, el trabajador está potencialmente expuesto no solo a materiales utilizados en su propio oficio sino también a sustancias utilizadas por otros oficios en entornos de trabajo compartidos (Lacourt et al., 2015b). Las principales fuentes de las emisiones de contaminantes químicos durante las operaciones de construcción son principalmente el escape de equipos de construcción y vehículos de motor en sitios de construcción. Así mismo, durante el movimiento de tierras, actividades de demolición, limpieza, almacenamiento, y producción de hormigón y yeso, entre otras (Wang et al., 2018).

A continuación, se describen las materias primas más utilizadas en la construcción, que generan los agentes químicos responsables de las emisiones al aire, y que han provocado daños irreparables en la salud de los trabajadores.

Hormigones y Cemento

El cemento es un material pulverulento que se endurece al ser mezclado con arena, grava y agua y adquiere una buena resistencia a compresión (Ortega, 2004). Se utiliza en la industria de la construcción como agente adhesivo. Las materias primas para el cemento son tiza, piedra caliza, arcilla, lutita que contiene sílice y alúmina y otros materiales tales como hierro, magnesio y sulfatos ácidos. El cemento también puede contener compuestos de cobalto y níquel (Thienen & Spee, 2008). En el VI Congreso Europeo de Patología en 2016, se concluyó que la exposición al polvo de cemento es una amenaza a la salud pública y se ha asociado con el desarrollo de cáncer de laringe y otras enfermedades relacionadas con los metales (Okorodudu, 2016). Así mismo, la inhalación de polvo durante la producción de cemento se ha relacionado con enfermedades respiratorias como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y cáncer de pulmón (Nordby et al., 2016). De todas las formas el cuadro clínico más importante es el conocido como dermatosis por el cemento y en esencia se produce por la acción irritante o sensibilizante de las sustancias que contiene el cemento, principalmente el dicromato potásico (Ortega, 2004).

Aditivos del mortero y hormigones

Retardantes: Se utilizan para asientos de fábrica de ladrillo, enfoscados, rejuntados y revocos. Debido al retraso controlado del fraguado, el mortero conserva las propiedades durante un tiempo prolongado. Los más utilizados son: los fabricados a base de una solución acuosa de alcalinos, los fabricados a base de un polímero vinílico modificado y los fabricados a base de soluciones salinas de ácidos policarbónicos. Pueden causar irritación cutánea (Ortega, 2004).

Acelerantes: Se utilizan para acelerar el fraguado y endurecimientos de mortero y hormigones, al conseguir antes la resistencia necesaria. Estos productos suelen estar compuestos por sales alcalinas, hidróxidos de sodio y potasio. Son contaminantes tóxicos e irritables.

Impermeabilizantes: Son aditivos para morteros y hormigones en estado líquido, o en polvo, que se utilizan para impermeabilizar revestimientos como obras subterráneas, muros, fosos de ascensor, piscinas, depósitos, fachadas, sótanos, etc. Están constituidos por una composición de aminoalcoholes y mezclas acuosas de alcalinos.

Desencofrantes

Los desencofrantes son agentes químicos, que evitan la adherencia del hormigón o el mortero a los moldes o encofrados. Se utilizan en todo tipo de encofrados tanto de madera, como metálicos, PVC, etc. Existen dos tipos de desencofrantes: los que son a base mineral destilado del petróleo y que contienen disolventes orgánicos volátiles, o simplemente gasóleos, de los que se deriva su posible carcinogenicidad y los que son con base vegetal, más novedosos (Ortega, 2004).

Amianto o asbesto

El asbesto es un nombre genérico para un grupo de minerales fibrosos de origen natural altamente resistente a químicos y calor (Gualtieri, 2020). El asbesto se subdivide en dos grupos: el grupo serpentino y el anfíbol, que difieren en estructura cristalina, química y características de la superficie y en las características físicas de sus fibras. El crisotilo (amianto blanco), que pertenece al grupo serpentino es, la forma más utilizada. Los anfíboles amosita (asbesto marrón) y crocidolita (asbesto azul) se han utilizado en una medida mucho menor (Bengt Jarvholm, 2006). El asbesto se ha usado durante mucho tiempo en la industria de la construcción, por ejemplo, por trabajadores de aislamiento que aplican asbesto en tuberías y rociarlo en paredes, estructuras de acero, plomeros que trabajaban en tuberías aislados de asbesto también son expuestos (Vimercati et al., 2019). La exposición al asbesto puede conducir a una serie de enfermedades que pueden ocurrir por separado o en combinación, incluyendo el mesotelioma maligno, que es una neoplasia agresiva y mortal que se origina de las células mesoteliales que forman el revestimiento seroso de las cavidades pleurales, peritoneales y pericárdicas. Existe una

relación directa entre la exposición al asbesto y la aparición de mesotelioma donde cerca del 80% de las personas expuestas desarrollan mesotelioma. Además, la exposición al asbestos está asociada a la asbestosis, el cáncer de pulmón, placas pleurales y derrame pleural (Celsi, 2019).

Poliuretanos

Los poliuretanos proceden, básicamente, de dos productos, el petróleo y el azúcar, para obtener después por proceso químico de transformación, dos componentes básicos: Polioli e Isocianatos. La mezcla en condiciones determinadas de estos dos componentes proporciona, según el tipo de cada uno de ellos, una espuma para aislamiento rígida, flexible, semi-rígida, etc. Dentro de las principales patologías respecto a los poliuretanos se tiene, dermatitis, conjuntivitis, bronquitis, deficiencia respiratoria, etc. (Wood, 2017).

Resinas

Las resinas son un amplio grupo de productos adhesivos, empleados en actividades de soldadura. Ante la exposición prolongada de este producto, se pueden producir irritaciones, alergias, sensibilizaciones cutáneas, teniendo en algunos casos un claro potencial cancerígeno y mutágeno (Ortega, 2004). Dentro de la amplia gama existente de estos productos, se distinguen dos grandes grupos:

Resinas epoxi: Son materiales termofraguables que se tornan duros y no fusibles bajo la acción de elementos acelerantes. Los compuestos epoxi son un grupo de éteres cíclicos u oxidas de alqueno que por sí mismos no presentan ninguna propiedad técnica útil, hasta que son endurecidas mediante reacciones químicas (Ortega, 2004).

Resinas de poliuretano: Se diferencian básicamente del epoxi en que son adhesivos elásticos monocomponentes, formados por masillas de elasticidad permanente, gran adherencia y altas prestaciones mecánicas (Ortega, 2004).

Pinturas, barnices y disolventes

Las pinturas son elementos que se utilizan en fase líquida y que una vez que se han endurecido forman un revestimiento sólido que embellece y decora las viviendas, protege elementos de la intemperie, corrosión, fuego, etc. (Guha et al., 2010). Las pinturas se pueden dividir en dos grandes grupos, las denominadas pinturas al agua, que no van a crear grandes problemas, y las que contienen básicamente un aglutinante, un disolvente que regula su viscosidad y participa en el proceso de secado, y un colorante que dependiendo del color van a poder tener distinto grado de toxicidad (J. Wong & Wood, 2016). Por su parte, los barnices son pinturas, normalmente, a base de resinas, que no suelen utilizar colorantes y sí disolventes, además de otros componentes como poliuretanos que les confieren mayor dureza y brillo y finalmente las lacas son pinturas que secan por evaporación, basadas en un componente de celulosa, que puede ser acetato o nitrato de celulosa, que acelera el proceso de secado (Ortega, 2004).

Otros contaminantes

Siliconas: Son masillas elastoméricas a base de siliconas o cauchos de silicona, utilizadas para la realización de sellados impermeables y elásticos de impermeabilización de juntas sobre soportes no porosos, que normalmente son usados en puertas y ventanas, fontanería, espejos, etc. Suele producir irritación en los ojos y en la piel y puede dañar los pulmones por ingestión (Ortega, 2004).

Gases de soldadura: La soldadura es el proceso por el cual se juntan piezas o partes de una pieza. Los riesgos más importantes son: siderosis, neumonitis química y saturnismo. Algunos electrodos contienen fluoruros que pueden ocasionar fibrosis y electrodos que pueden liberar humos radioactivos. Otro de los riesgos es el cancerígeno debido al cromo, níquel y al amianto (Calvert et al., 2012).

Gases de escape diésel: Las emisiones de escape diésel consisten en una mezcla de gases y partículas, incluido el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, y partículas, que contienen trazas de los hidrocarburos aromáticos policíclicos. Los motores diésel contienen compuestos que son mutagénicos y cancerígenos a corto plazo (Garshick & Hart, 2020). Los gases de escape diésel son contaminantes comunes del aire capaces de causar enfermedad respiratoria (Bakke, Ulvestad, Stewart, & Eduard, 2004). La exposición al escape de diésel también es difícil de estimar, y los estudios sobre el riesgo de cáncer de pulmón entre los trabajadores de la construcción expuestos al diésel han reportado conclusiones variadas. Sin embargo, un estudio reciente indicó una posible asociación entre la exposición al escape diésel y el riesgo de cáncer de pulmón en los trabajadores de la industria de la construcción (Ge et al., 2020).

Polvo de madera: La exposición al polvo de madera en la industria de la construcción puede surgir de diferentes actividades, por ejemplo, aserrado, cepillado, lijado, perforación. La fuente del polvo puede ser de diferentes especies de madera, dura o blanda, madera contrachapada, tablero de fibra o madera tratada químicamente con pegamentos o conservantes. La exposición es a menudo a una mezcla de polvos de madera. El polvo de madera puede causar cáncer nasal y tener varios efectos respiratorios y dermatológicos no malignos entre trabajadores expuestos a altos niveles de polvo de maderas duras, como haya, roble y caoba (Siew, Kauppinen, Kyyronen, & Pukkala, 2012). Algunas maderas contienen químicos que son irritantes y pueden causar irritación no específica del tracto respiratorio. Otras especies pueden causar conjuntivitis-rinitis, dermatitis de contacto alérgica, asma, bronquitis crónica y otras enfermedades pulmonares anomalías funcionales (Thienen & Spee, 2008).

Material Particulado: El PM es una mezcla compleja de sustancias en estado sólido y/o líquido suspendidas en el medio gaseoso atmosférico. El tamaño de estas partículas varía entre unos pocos nanómetros (nm) y decenas de micras (μm) y su composición química varía

notablemente en función del origen y mecanismos de formación de éstas. El PM es emitido por una amplia variedad de fuentes naturales y/o antropogénicas, las cuales pueden influir en las propiedades físicas (tamaño, superficie específica, densidad) y composición química. En función de su mecanismo de formación, las partículas se pueden clasificar como primarias y secundarias. Las partículas *primarias* son aquellas que son emitidas directamente a la atmósfera y las *secundarias* a las que se forman en el aire mediante procesos de conversión de sus precursores gaseosos (SO₂, NO_x, vapores orgánicos y NH₃) a partículas (Camacho Fernandez, 2012).

En el caso más general, el PM está constituido por materia mineral, sal marina, sulfato, nitrato, amonio, carbono elemental, *black carbon*, materia orgánica y un amplio espectro de elementos trazas (Camacho Fernandez, 2012). El interés en el estudio del PM atmosférico se debe a los diversos efectos adversos a la salud asociados a la exposición a este contaminante. El PM está asociado a efectos adversos en la salud humana, como el incremento del riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, además ser capaz de agravar las condiciones patológicas de tipo respiratorio y cardiovascular preexistentes, produciendo numerosos casos de hospitalizaciones y muertes prematuras por asma, bronquitis e infartos (Kim, Kabir, & Kabir, 2015). Un estudio realizado en Arabia Saudita sugirió que el PM₁₀ puede exacerbar las enfermedades metabólicas, proporcionando datos que indican que la exposición aguda a PM₁₀ afecta las vías involucradas en el metabolismo del colesterol y de los lípidos (Taylor et al., 2014). Así mismo, los resultados de una revisión sobre el PM y sus potenciales consecuencias neurológicas sugiere que existe un riesgo plausible de exposición a PM con respecto a la enfermedad neurológica (Loane, Pilinis, Lekkas, & Politis, 2013).

El material particulado puede ser generado por una serie de actividades realizadas en el sitio de construcción que incluye, pero no se limita a la excavación; perforación; transporte de material a granel; carga y descarga; almacenamiento de material al aire libre; fabricación de

hormigón y mortero; operaciones de corte y relleno; y movimiento de equipos. Además, la contaminación del aire por el polvo de construcción se agrava por el clima seco, el viento, las perturbaciones mecánicas y la presencia de cieno, lo cual puede causar numerosos problemas de salud entre los trabajadores de la construcción (Zuo, Rameezdeen, Hagger, Zhou, & Ding, 2017).

Sílice: La exposición al polvo puede ocurrir durante casi todas las actividades en sitios de construcción, desde excavaciones para los cimientos hasta el barrido final antes de la finalización del edificio. Dependiendo de la naturaleza del material de construcción, este polvo puede contener una cantidad considerable de sílice. Se puede producir sílice libre cristalina (dióxido de silicio, SiO_2) en tres fases: cuarzo, cristobalita y tridimita. El cuarzo es el más importante y predominante tipo (Thienen & Spee, 2008). Es importante destacar que las exposiciones ocupacionales a la sílice cristalina respirable están asociadas con el desarrollo de silicosis, cáncer de pulmón, tuberculosis y enfermedades de las vías respiratorias (Keil, Richardson, Westreich, & Steenland, 2018). Estas exposiciones también pueden estar relacionado con el desarrollo de trastornos autoinmunes, enfermedad renal crónica y otros efectos adversos para la salud (McClean, Glass, Mannetje, & Douwes, 2017). Entre estas una de las más importantes es la silicosis, una enfermedad fibrótica de los pulmones causada por la inhalación, retención y reacción pulmonar a sílice cristalina (Pollard & Pollard, 2016). Por otra parte, la exposición ocupacional a la sílice cristalina respirable está asociada con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), incluyendo bronquitis y enfisema (Thienen & Spee, 2008). Sin embargo, pocos estudios han investigado los niveles de exposición de trabajadores al polvo de sílice cristalina y a la tasa de mortalidad o el riesgo de cáncer de pulmón por la exposición al polvo de sílice en construcción (Normohammadi, Kakooei, Omid, Yari, & Alimi, 2016).

Panel de yeso laminado o cartón yeso (dry-wall): El cartón yeso se usa como estructura “falsa” tanto para muros divisorios como para techos, bien sea de manera independiente o como

recubrimiento de muros de ladrillo. La emisión del material particulado se presenta en las etapas de perforación y lijado de la superficie del *dry-wall* y presenta la particularidad de desarrollarse principalmente (a excepción de las placas para exteriores) en ambientes intramurales, lo que dificulta la dispersión natural del polvo y aumenta por ende la concentración del mismo en el entorno del trabajador. Los riesgos asociados a este material son posible irritación en nariz, garganta, tracto respiratorio superior o pulmones, e incluso asfixia, por la respiración del polvo (de acuerdo al grado de exposición) (Ortega Salazar, 2017).

Toxicología ocupacional

La toxicología ocupacional es la rama de la salud ocupacional que utiliza el análisis de enfermedades asociadas con exposición crónica o incidental a cualquier agente xenobiótico en el ambiente laboral. En otras palabras, la toxicología ocupacional identifica riesgos químicos, físicos o biológicos que se pueden encontrar en el entorno laboral, reconoce las consecuencias desfavorables para la salud como resultado de exposición humana a estos tóxicos y establece medidas de control para prevenir o minimizar la exposición (Muñoz & Albores, 2011). Su importancia está en identificar la asociación entre la calidad de vida reducida, enfermedades crónicas y mortalidad y la exposición a sustancias tóxicas específicas (Ibarra Fernández de la Vega, 2017).

Las principales enfermedades profesionales asociadas con trabajos de construcción civil parecen ser la mesotelioma, cáncer de pulmón por asbesto, cáncer nasal causado por polvo de madera, efectos respiratorios del polvo y enfermedades neurológicas de exposición a solventes o metales, enfermedades de la piel por exposición a resinas de cemento o epoxi, entre otras (Thienen & Spee, 2008). Aunque se ha hecho mucho esfuerzo para reducir la exposición al polvo, la industria de la construcción en general todavía presenta un desafío para la seguridad y protección de la salud ocupacional (Borup, Kirkeskov, Hanskov, & Brauer, 2018). Los diferentes

tipos de enfermedades frecuentemente diagnósticas en trabajadores del sector asociadas a la exposición ocupacional en obras de construcción civil son presentados a la continuación.

Enfermedades diagnósticas en la industria de la construcción

En Colombia, se cuenta con una tabla de enfermedades laborales, expedida por el Ministerio del Trabajo de la república de Colombia, mediante el decreto 1477 de 2014, modificado por el decreto 676 de 2020, en la cual se presentan los agentes de riesgo, para facilitar la prevención de enfermedades en las actividades laborales y los grupos de enfermedades, para determinar el diagnóstico médico en los trabajadores afectados, incluido el sector de la construcción (MinTrabajo, 2014). De igual forma, se cuenta con una guía de atención integral de salud ocupacional, basada en la evidencia para cáncer de pulmón relacionado con el trabajo (GATISO-CAP). La GATISO-CAP contempla como desenlace clínico únicamente el cáncer de pulmón originado por la exposición laboral a agentes carcinógenos. Las recomendaciones emitidas por la guía están enfocadas en la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de los posibles desenlaces (Ministerio de la protección social, 2008). A continuación, se presenta la asociación entre las diversas ocupaciones de la industria de la construcción, contaminantes químicos asociados y enfermedades laborales diagnosticadas:

Tabla 1.

Relación ocupación, contaminantes químicos y enfermedades laborales en la industria de la construcción civil

OCUPACIÓN	AGENTE CONTAMINANTE EN CONSTRUCCIÓN	COMPOSICIÓN QUÍMICA	ENFERMEDAD
Albañiles	Hormigones y cemento	Sílice cristalina respirable, cromo hexavalente, cobalto, níquel	EPOC, Neumoconiosis, silicosis, dermatosis, cáncer de laringe y cáncer de pulmón

Aisladores, plomeros, fontaneros, trabajadores de pavimento, techadores, herreros	Aditivos del mortero y hormigones	Retardantes	hidróxido de sodio, ácido cítrico monohidratado,	Irritación de la piel y lesiones oculares
		Acelerantes	sales alcalinas, hidróxidos de sodio, potasio	
		Impermeabilizantes	Aluminio y óxido de sodio	
	Amianto o asbesto	Desencofrantes	Ácidos grasos, morfina, destilados de petróleo, parafinas ligeras solventes y gasóleo.	Irritación de la piel, ojos y membranas mucosas, dermatitis, cáncer de piel y cáncer de pulmón.
		Poliuretanos	metasilicatos de hierro, magnesio, aluminio y calcio.	Asbestosis, fibrosis pulmonar, cáncer de pulmón, mesotelioma pleural o peritoneal.
Soldadores, aisladores, albañiles, carpinteros, trabajadores de acero, electricista	Resinas	Resinas epoxi	Poliol e isocianatos	Dermatitis, conjuntivitis, úlceras corneales, asma, edema pulmonar
			aminas (hexametilendiamina y polietilepoliamida) y anhídridos (anhídrido del ácido maleico).	Irritación y sensibilización cutánea, irritación de las vías respiratorias superiores y cáncer.
		Resinas de poliuretano	Nafta, diisocianato de metilendifenilo, xileno	
		Barniz de poliuretano	pigmentos de plomo, sulfurocromato de plomo, dióxido de titanio, óxido de zinc, carbonato clásico, silicato magnésico, óxidos de hierro, seleniuro de cadmio, sulfuro de cadmio, óxido de cromo, ferrocianuro férrico y negro de humo, resina sintética, disolventes orgánicos y aditivos, acetato de metil-metoxietilo, diisocianato de m-tolilideno	
Pintores, carpinteros	Pinturas, barnices y disolventes	Pintura de señalización de carretera		Cáncer de pulmón, irritación y sensibilización cutánea, de ojos y vías respiratorias, dermatitis
Plomeros, vidrieros, carpinteros, fontaneros	Otros contaminantes	Siliconas	ácido acético, metoxisilano	Cáncer de pulmón, asma, bronquitis crónica, dermatitis de contacto, asma bronquial, rinitis crónica, anosmia, fibrosis pulmonar y neumoconiosis, conjuntivitis, hidrargirismo.
Plomeros, soldadores, fontaneros		Gases de soldadura	Cromo, níquel, cloruro de zinc, sulfato de cobre, mercurio, cianuros y ácido cianhídrico.	

Operadores de maquinarias	Gases de escape diésel	Monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre e hidrocarburos aromáticos policíclicos	Cáncer de pulmón
Carpinteros	Polvo de madera	Celulosa, hemicelulosa, lignina	Cáncer nasal, dermatitis de contacto, asma, bronquitis crónica y cáncer de pulmón.
Albañiles	Material particulado	sal marina, sulfato de nitrato, amonio, carbono elemental, <i>black carbon</i> , etc.	Bronquitis, enfermedades neurológicas, trastornos metabólicos y cáncer de pulmón.
Albañiles	Sílice	Cuarzo, cristobalita y tridnita	Silicosis, cáncer de pulmón, tuberculosis, EPOC, enfisema, bronquitis
Yesero	Panel de yeso (<i>dry-wall</i>)	Compuestos orgánicos volátiles	Irritación en nariz, deficiencia pulmonar

Fuente: Elaboración propia

Alergia, irritación y Asma

La contaminación del aire causa alteraciones de la mucosa y daños en la vía aérea de la mucosa que a su vez estimula la accesibilidad de los alérgenos a las células inmunes (Sauni et al., 2001). La inflamación crónica es una de las más peligrosas respuestas alérgicas que causan daño tisular en el lugar de ocurrencia. La alergia también causa dilatación de los vasos sanguíneos y las vías respiratorias que resulta en una respiración más pesada. Esto puede causar un shock anafiláctico y provocar la muerte. El asma causa daño pulmonar que conduce a respiración irregular y corta y, en última instancia, a una enfermedad cardíaca. Esto lleva al corazón a trabajar más y a latir de manera irregular. Si se da un tratamiento inadecuado de asma, puede conducir a la pérdida de elasticidad de los pulmones que causa enfisema. El asma causa problemas respiratorios solo durante la duración del ataque, pero el enfisema causa dificultad en la respiración individual (El Morabet, Lab, Center, FLSH-M, & Casablanca, 2018).

Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una enfermedad crónica y progresiva que se caracteriza por una limitación del flujo de aire (Guo et al., 2018). Esta obstrucción no es reversible como en el asma. La exacerbación de la EPOC puede ser causada por bacterias, virus, hábito de fumar y por exposición a aire contaminado en interiores y exteriores (Guo et al., 2018). La EPOC se caracteriza por una inflamación crónica de las vías respiratorias y el parénquima pulmonar, especialmente de neutrófilos, macrófagos activados y linfocitos. Hay evidencia de la correlación entre los altos niveles de contaminación del aire y la manifestación clínica de la EPOC. También hay una correlación entre los niveles de PM (PM_{2.5} y PM_{2.5-10}) y un aumento de hospitalizaciones por EPOC (Falcon Rodriguez, Osornio Vargas, Sada Ovalle, & Segura Medina, 2016). La EPOC incluye dos principales afecciones, enfisema y bronquitis crónica, asociadas con obstrucción fija de la vía aérea. En 2010, la *American Thoracic Society* concluyó que hay evidencia suficiente para inferir una causal relación entre exposiciones ocupacionales y EPOC y una revisión de 2014 corroboró esta conclusión (Borup et al., 2018). Diversas exposiciones ocupacionales orgánicas e inorgánicas se han asociado con EPOC y 15 a 20% de casos de prevalencia de EPOC se han atribuido a exposiciones ocupacionales. Las evidencias sugieren que la enfermedad pulmonar obstructiva crónica se produce con mayor frecuencia entre trabajadores de la construcción que entre los trabajadores que no fueron expuestos al polvo de construcción (Borup et al., 2018).

Fibrosis Pulmonar

La fibrosis pulmonar es una enfermedad restrictiva que presenta una disminución irreversible de la capacidad vital (Nalysnyk, Cid Ruzafa, Rotella, & Esser, 2012). Además, algunas células están implicadas, como fibroblastos, miofibroblastos y macrófagos, que

producen un exceso de componentes de la matriz extracelular y la remodelación pulmonar, con una distorsión irreversible de la arquitectura pulmonar. La exposición a PM podría estar asociada a la fibrosis pulmonar, especialmente la exposición a elementos o productos químicos como aluminio, sílice, *black carbon*, óxido de silicio, polvo de talco, asbesto y otras fibras pueden causar daño epitelial (Falcon Rodriguez et al., 2016).

Cáncer

El cáncer es un término que se usa para referirse a enfermedades donde existen células anormales que se multiplican sin control y que pueden invadir otros tejidos (Cáncer, 2018). Algunos tipos de cáncer pueden ser curables si se diagnostican y tratan oportunamente, y otros cánceres pueden ser evitables como el cáncer de cérvix. Hay más de 100 tipos de cáncer. La mayoría de ellos toman el nombre del órgano, de los tejidos o las células en donde se originan; por ejemplo, el cáncer que se origina en el estómago se llama cáncer de estómago, el cáncer que se origina en el sistema linfático se llama linfoma y leucemia es el cáncer que empieza en los glóbulos blancos (leucocitos). El cáncer se puede agrupar en categorías más amplias de acuerdo con su origen, como carcinoma, melanoma, sarcoma, leucemia, linfoma y mieloma, cánceres del sistema nervioso central, blastomas y tumores de células germinales (Falcon Rodriguez et al., 2016).

La literatura científica indica que ciertos factores de riesgo aumentan las probabilidades de que una persona padezca cáncer. Entre los factores de riesgo más comunes asociados con el cáncer, se encuentran: el envejecimiento, tabaco, alcohol, dieta inadecuada, agentes físicos como la radiación ultravioleta, radiación ionizante, agentes químicos, debido a la exposición ocupacional o laboral que realizan (pintores, trabajadores de la construcción, trabajadores de la industria química) y agentes biológicos como virus o bacterias (Cáncer, 2018). Recientemente, la

contaminación del aire exterior también fue clasificada como un carcinógeno del grupo I por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (Espinosa Restrepo et al., 2006). En Colombia, los cánceres de tráquea, bronquio o pulmón representaban aproximadamente el 7% de la mortalidad total atribuible a $PM_{2.5}$ en 2010 (Cáncer, 2018). Otros estudios también mostraron que el cáncer de pulmón entre los no fumadores puede resultar de la exposición a PM, sin embargo, el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón es mayor en los fumadores (Falcon Rodriguez et al., 2016). Los estudios existentes sugieren una asociación positiva significativa entre la exposición a $PM_{2.5}$ y el riesgo de incidencia de cáncer de pulmón y mortalidad (N. Wang et al., 2018).

Cáncer de pulmón

El cáncer de pulmón es la causa principal de muertes relacionadas con el cáncer en todo el mundo, tanto en hombres como en mujeres (Inamura, 2017). El proceso diagnóstico suele comenzar cuando el paciente reconoce síntomas y signos sospechosos. Una vez la lesión se localiza mediante técnicas de imagen, el siguiente paso es seleccionar la técnica adecuada para obtener una muestra de biopsia y confirmar un diagnóstico patológico. El cáncer de pulmón se clasifica en dos grupos histológicos principales: carcinoma de pulmón de células pequeñas (CPCP, 15% de todos los cánceres de pulmones) y cáncer de pulmón de células no pequeñas (CPNM, 85% de todos los cánceres de pulmón) (Gridelli et al., 2015). Los CPNM están generalmente subcategorizados en el adenocarcinoma, el carcinoma de células escamosas (SqCC) y el carcinoma de células grandes. El cáncer de pulmón es uno de los cánceres más diagnosticados y es la principal causa de muerte relacionada con el cáncer mundial (Herbst, Morgensztern, & Boshoff, 2018). Por su parte, el cáncer de pulmón de células no pequeñas (CPNM), que incluye adenocarcinoma (formador de glándulas), escamoso carcinoma de células

y carcinomas de células grandes subtipos histológicos, representa aproximadamente el 85% de todos los casos nuevos de cánceres de pulmón (Molina, Yang, Cassivi, Schild, & Adjei, 2008). Esta clasificación patológica de cáncer de pulmón se está actualizando continuamente y se utilizan terminología y criterios específicos para distinguir carcinoma de células escamosas de adenocarcinoma, en particular en tumores poco diferenciados (Gridelli et al., 2015). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha implicado al material particulado (PM) como una de las causas probables del cáncer de pulmón basado en evidencia de investigación (Wang et al., 2018). Las partículas de polvo que se inhalan y se alojan en el pulmón irritan y provocan una reacción inflamatoria. La inflamación causa fibrosis que conduce a oxígeno defectuoso y alteración de la función pulmonar.

Evaluación de Riesgo

El riesgo es un concepto dinámico y probabilístico individual de desarrollar una enfermedad (Moreno-altamirano, C, López-moreno, & Corcho-berdugo, 2000). El riesgo relativo (RR) estima la frecuencia del efecto en el grupo de expuestos en relación con el de no expuestos. Es decir, estima la magnitud del efecto en los expuestos a un factor de riesgo en relación con los no expuestos. Indica el número de veces que es más probable que una enfermedad se desarrolle en el grupo expuesto en relación con el grupo no expuesto. Su interpretación es sencilla, un valor de 1 indica que no existe relación entre el factor de riesgo (exposición) y la enfermedad (efecto). Si es mayor que 1 indica que existe asociación positiva entre el factor de estudio y la enfermedad. Cuando es menor que 1, indica una asociación negativa, efecto nulo o indiferente. El RR obtenido es una estimación puntual, por lo que debe calcularse su intervalo de confianza (IC). Si el intervalo de confianza no incluye el valor 1, existe asociación estadísticamente significativa entre el factor de riesgo y el efecto (Andrade, 2015).

En estudios de cohortes el RR se estima de forma directa ya que se conoce la incidencia de la enfermedad en expuestos y en no expuestos. Por el contrario, en los estudios de casos y controles no se puede calcular la incidencia, porque la población de estudio se selecciona a partir de individuos que ya han desarrollado el efecto, la enfermedad. Así en los estudios de casos y controles se calcula la razón de ventajas o razón de posibilidades, razón de *odds* u *odds ratio* (OR). Por *Odds* se entiende la razón entre la probabilidad de que un suceso ocurra y la probabilidad de que no ocurra. La OR no es más que la razón entre la *odds* de exposición observada en el grupo de casos y *odds* de exposición en el grupo control. Cuanto más alta es la OR, mayor es la fuerza de la asociación entre la enfermedad ocupacional y el determinante (factor de riesgo o exposición ocupacional) (Sardón, 2008).

Revisión sistemática y metaanálisis

La revisión sistemática es un estudio cualitativo, integrativo, observacional, retrospectivo, y secundario, que provee una síntesis racional de la investigación básica sobre el tema. Se considera como la base del análisis sistemático y metódico de un número de informes de investigación relevantes para buscar evidencia que den respuesta a la pregunta de investigación (Urru & Gonza, 2019). Desde un punto de vista metodológico, las revisiones sistemáticas permiten sintetizar los resultados de investigaciones primarias mediante estrategias que limitan el sesgo y el error aleatorio. Estas estrategias incluyen: la búsqueda sistemática y exhaustiva de todos los artículos potencialmente relevantes; la selección, mediante criterios explícitos y reproducibles, de los artículos que serán incluidos finalmente en la revisión; y el análisis del diseño experimental y de la ejecución de los estudios primarios, además de la síntesis de los datos obtenidos a partir de estos estudios primarios y la interpretación de sus resultados.

Por otro lado, el metaanálisis es una técnica de síntesis cuantitativa, que permite en determinadas condiciones asignar valores relativos a los datos cualitativos obtenidos en la

revisión sistemática, teniendo en cuenta que la revisión sistemática arroja variaciones en los resultados de los estudios en los que se investiga la pregunta de interés (Beltrán G, 2005).

Conceptualmente, el metaanálisis combina los resultados de dos o más estudios similares sobre una pregunta de investigación particular, siempre que se hayan medido las mismas variables de resultado. Además, la combinación de los resultados tiene en cuenta tanto la variabilidad en un estudio como entre los diferentes estudios con el objeto de mejorar la validez de las conclusiones (Ferreira González, Urrútia, & Coello, 2019). Esto significa que si hay mucha variación entre los resultados de los estudios incluidos (heterogeneidad) no es apropiado combinarlos en un metaanálisis y se debe optar por otras metodologías de síntesis (Ferreira, Urrutia, & Coello, 2019).

Estado Del Arte

Actualmente se han realizado estudios que han examinado los riesgos del cáncer de pulmón en diferentes ocupaciones de la construcción civil. Entre los principales estudios científicos identificados en los últimos años que aportan a la pregunta de investigación de la presente tesis se destacan los estudios que son relacionados a continuación, en orden cronológico (Tabla 2).

Tabla 2.

Literatura sobre riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción

ID	Título	Autor/es	Tipo de estudio	Población de estudio	Agente Contaminante
1	Lung Cancer Risk in Painters: A Meta-Analysis	Guha et al. (2010)	Revisión sistemática y metaanálisis	Pintores	Benceno, solventes, óxido de plomo, plastificantes, amina y polvo de pintura
2	A Case–Control Study of Lung Cancer Nested in a Cohort of European Asphalt Workers	Olsson et al. (2011)	Estudio Caso y control	Trabajadores de asfalto	Humo de betún
3	Occupational Demands and Health Effects for Bricklayers and Construction Supervisors: A Systematic Review	Boschman et al. (2012)	Revisión sistemática	Albañiles y supervisores de construcción	Polvo y cuarzo
4	Lung Cancer Risk Among Construction Workers in California, 1988–2007	Calvert et al. (2012)	Estudio Caso y control	Albañiles, electricistas, pintores, plomeros, techadores, soldadores, supervisores	Sílice, humos de asfalto, gases de escape diésel, pinturas, asbesto, plomo, solventes
5	Increased Lung Cancer Risk Among Bricklayers in an Italian Population-Based Case–Control Study	Consonni et al. (2014)	Estudio Caso y control	Albañiles, fontaneros, yeseros, vidrieros	Sílice cristalina

6	A review and meta-analysis of cancer risks in relation to Portland cement exposure	Cohen et al. (2014)	Revisión sistemática y metaanálisis	Albañiles y trabajadores de plantas de cemento	Minerales de cemento hidráulico, silicato de calcio, aluminatos, óxido de nitrógeno, monóxido de carbón y sulfatos de calcio.
7	The Risk of Lung Cancer After Cessation of Asbestos Exposure in Construction Workers Using Pleural Malignant Mesothelioma as a Marker of Exposure	Jarvholm et al. (2015)	Estudio de cohorte	Aisladores, fontaneros, electricistas, techadores, pintores, operadores de maquinaria, trabajadores de asfalto	Asbesto
8	Lung cancer risk among workers in the construction industry: results from two case-control studies in Montreal	Lacourt et al. (2015)	Estudio Caso y control	Trabajadores cuello blanco y trabajadores cuello azul	Polvo inorgánico, polvo de suelo, asbesto, sílice, cemento, fibras y minerales, óxido de calcio y sulfato de calcio, polvo de madera, asfalto
9	Lung cancer risk among bricklayers in a pooled analysis of case-control studies	Consonni et al. (2019)	Estudio Caso y control	Albañiles	Cemento, sílice y polvo de cuarzo
10	Lung cancer mortality among construction workers: implications for early detection	Dement et al. (2019)	Estudio de cohorte	Trabajadores de construcción en general	Amianto, sílice, humos de soldadura

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, la literatura sobre riesgo de cáncer de pulmón en la industria de la construcción incluye diferentes tipos de estudio, como estudios de caso control, estudios de cohorte y revisión sistemática. En común en estos estudios se observó un mayor riesgo de cáncer de pulmón asociado a ocupaciones específicas en la construcción civil, tales como: electricistas, pintores, yeseros, operadores de maquinaria, trabajadores de la construcción, techadores y

trabajadores de concretos. Los riesgos parecen estar directamente asociados a la ocupación del trabajador (Calvert et al., 2012).

Las evidencias acumuladas por los estudios primarios incentivaron la realización de revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre el riesgo específico de cáncer de pulmón en ocupaciones específicas en la construcción civil. Un estudio de metaanálisis observó un riesgo relativo mayor en los pintores y observó que el riesgo persistía cuando se restringió los resultados a los estudios que se ajustan para otras exposiciones ocupacionales (Guha et al., 2010). Además, los análisis de exposición-respuesta de este estudio sugirieron que el riesgo estaba asociado a la duración del empleo (Guha et al., 2010). Sin embargo, se destaca que en este estudio participaron pintores de todo tipo de industria, sin presentar resultados específicos a los pintores de la construcción civil. Otro estudio observó que albañiles y supervisores de construcción tenían un mayor riesgo de cáncer de pulmón y lesiones (Boschman, Molen, Sluiter, & Frings-dresen, 2011). Como evidencia adicional a este último, otro estudio sugirió un mayor riesgo de cáncer de pulmón en albañiles italianos por exposición a varios carcinógenos, especialmente sílice cristalina (Consonni et al., 2012).

Como complemento a la evidencia reportada en ese momento, otro estudio sugirió que los trabajadores de la construcción tenían un riesgo significativamente elevado de cáncer de pulmón para todas las ocupaciones, excepto gerentes/ingenieros y supervisores (Calvert et al., 2012). Los techadores y soldadores tuvieron los mayores riesgos en comparación con los demás (Calvert et al., 2012). De igual forma, este estudio reportó que la mitad de todas las muertes por cáncer atribuidas a exposiciones laborales ocurrió entre los trabajadores de la construcción, y entre estos trabajadores de la construcción, el cáncer de pulmón representó la mayor proporción de muertes por cáncer atribuibles a la ocupación (47%) (Calvert et al., 2012).

Teniendo en cuenta que los estudios coinciden en un incremento de cáncer de pulmón, algunos estudios pasaron a incluir dentro de sus análisis la exposición a contaminantes químicos que pudieran afectar la salud de los trabajadores. En ese orden, un estudio determinó que la exposición prolongada a contaminación del aire por material particulado fino era un importante factor de riesgo ambiental para la mortalidad de cáncer de pulmón (Iii et al., 2002). Lo anterior fue corroborado por otra investigación en la cual se sugirió un incremento del 31% de la incidencia del cáncer de pulmón asociado con un aumento incremental de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentraciones ambientales de $\text{PM}_{2.5}$ (Gharibvand et al., 2017). Así mismo, otro estudio más reforzó la evidencia del aumento del riesgo de cáncer de pulmón en albañiles, por la exposición a varios carcinógenos, especialmente sílice cristalina y, en menor medida, amianto (Consonni et al., 2015). Por otro lado, un estudio observó solo un ligero aumento del riesgo de cáncer de pulmón para sujetos que alguna vez tuvieron una ocupación en la industria de la construcción. Sin embargo, en este mismo estudio un análisis de agentes de la industria de la construcción indicó mayores riesgos entre los trabajadores expuestos a polvo del suelo, amianto, sílice cristalina, cemento portland, óxido de calcio y sulfato de calcio (Lacourt et al., 2015).

Una de las últimas investigaciones realizadas referente la temática en estudio se enfocó en los diferentes factores de confusión que afectaban los resultados reportados por los anteriores estudios (Dement, Ringen, Hines, Cranford, & Quinn, 2020). Esta concluyó que el riesgo de cáncer de pulmón entre los trabajadores de la construcción se puede predecir razonablemente según la edad y el historial de tabaquismo, así como otros factores de riesgo, antecedentes de cáncer y duración del trabajo de construcción (Dement et al., 2020). Estos resultados aportan información importante para investigaciones futuras sobre el tema.

Es importante destacar que la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha sobre riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción han sido desarrollados en Suecia,

Estados Unidos, Francia e Italia. Otra observación importante es que generalmente, los diseños empleados para abordar la temática se reducen a estudios de caso y control, y estudios de cohorte, en los cuales utilizan a la población en general como su grupo control. Así mismo, la metodología empleada que predomina para evaluar el riesgo es el uso de registros de mortalidad por cáncer de pulmón y la evaluación de exposición auto informada. También se puede observar que algunos de los estudios identificados no calculan parámetros de medición de riesgo como riesgo relativo (RR), *odds ratios* (OR) e intervalos de confianza del 95%. Los resultados presentados por estos estudios suelen ser datos descriptivos obtenidos a partir de sugerencias o estimaciones que derivan del análisis de información estatal existente.

En resumen, haciendo un recorrido por los principales resultados de las investigaciones realizadas en la temática de riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la industria de la construcción civil, se tiene que, desde 2010, los estudios realizados en diferentes países encontraron una mortalidad significativamente elevada para cáncer de pulmón entre los trabajadores de la construcción, aunque algunos no lograron encontrar un incremento en el riesgo. También se observa que la literatura ha reportado incremento en la mortalidad por cáncer de pulmón para varios oficios de construcción específicos como albañiles; artesanos; electricistas; carpinteros; pintores; ingenieros operativos; techadores impermeabilizantes, trabajadores aliados; y trabajadores de aislamiento. Así mismo, la mayoría de los estudios utilizan la población general como la referencia (Lacourt et al., 2015b). Adicionalmente, es importante destacar que los estudios de obreros de la construcción están limitados por algunas características como: grandes cantidades de empleadores, sitios de trabajo de empleadores, hábitos de fumar y una gran movilidad personal (Lacourt et al., 2015b).

Pese a que la temática en estudio viene de tiempo atrás, no se evidencia una revisión sistemática enfocada específicamente en la industria de la construcción, sus diversas ocupaciones

y contaminantes atmosféricos presentes durante sus procesos. A la fecha, la literatura se limita a la información aislada de temas específicos, mediante estudios de caso y control y de cohorte, y cuya conclusión apunta siempre a un ligero incremento del riesgo de cáncer de pulmón, sin demostrar cuantitativamente, la afectación en general. Aunque los riesgos de cáncer de pulmón pueden variar según la raza / etnia y la ocupación en la construcción, estos riesgos tampoco han sido ampliamente examinados.

Por lo tanto, se identifica en la literatura la necesidad de emplear un nivel más alto en diseños de investigación o diseño experimental: la revisión sistemática (Figura 1). De esa manera, se podrá revisar, sintetizar e integrar la información primaria sobre riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción para generar una evidencia jerárquica superior. Una revisión sistemática y un metaanálisis tiene muchas ventajas ya que incluye una evaluación externa experta sobre los métodos, el proceso de obtención de los datos y la posibilidad de orientar a los investigadores en futuros estudios. Así, claramente hay en la literatura actual una necesidad por evidencias más consistentes sobre riesgo de cáncer de pulmón en los trabajadores de la industria de la construcción.

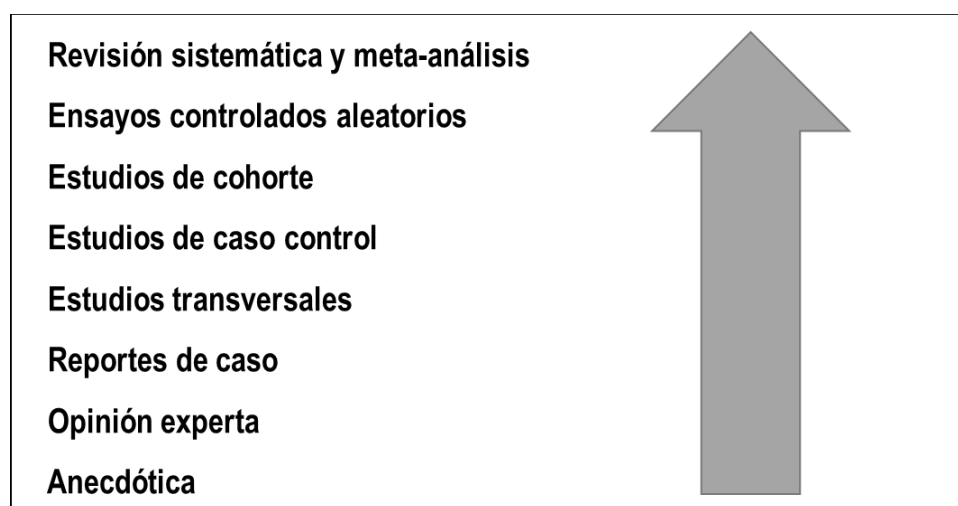


Figura 1. Adaptado de Jerarquía de los diseños de estudio de investigación. Tomado de (Jesson, Matheson, & Lacey, 2011).

Metodología

La presente investigación se desarrolló mediante la metodología de revisión sistemática y metaanálisis de la literatura científica sobre el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la industria de la construcción civil expuestos a contaminantes químicos. La metodología desarrollada en la presente tesis incluyó tres etapas: planeación, ejecución de la revisión sistemática y metaanálisis (Figura 2).

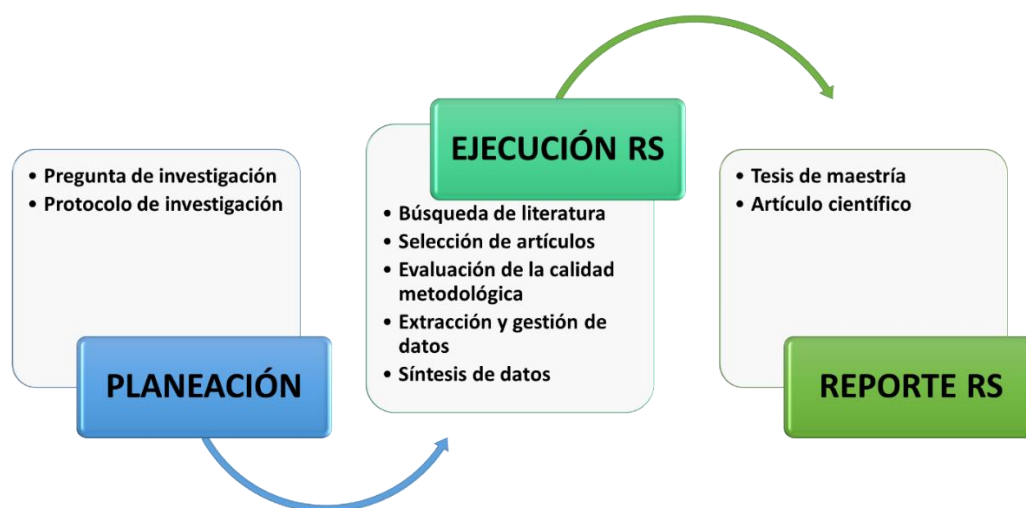


Figura 2. Metodología de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Planeación

Pregunta de Investigación

La pregunta de investigación fue elaborada de acuerdo con las orientaciones del Manual *Cochrane* Revisiones sistemáticas de intervenciones, versión 5.1.0 (actualizada en marzo de 2011), que es una versión en español publicada por el Centro *Cochrane* Iberoamericano (Higgins & Green, 2011). Teniendo en cuenta el Manual *Cochrane* Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0 (Higgins & Green, 2011), la especificación detallada de la pregunta

de revisión requirió considerar varios componentes claves: tipo de población (participantes), tipo de exposición (y comparaciones) y los tipos de desenlace que son de interés. Lo anterior se describe mediante la sigla en inglés PECO (Población, Exposición, Comparaciones y *Outcome*) (Morgan, Whaley, Thayer, & Schünemann, 2018). Estos componentes de la pregunta, con la especificación adicional del tipo de diseño de estudio a ser incluido, forman la base de los criterios de elegibilidad preestablecidos para la revisión (Higgins & Green, 2011). El enfoque para formular preguntas PECO dependerá de una serie de factores, incluyendo a) el contexto; y b) lo que se podría saber sobre los efectos de una exposición en un resultado en un momento dado. Así, a partir de estos elementos se formuló la pregunta de investigación, como se muestra a continuación (Figura 3):

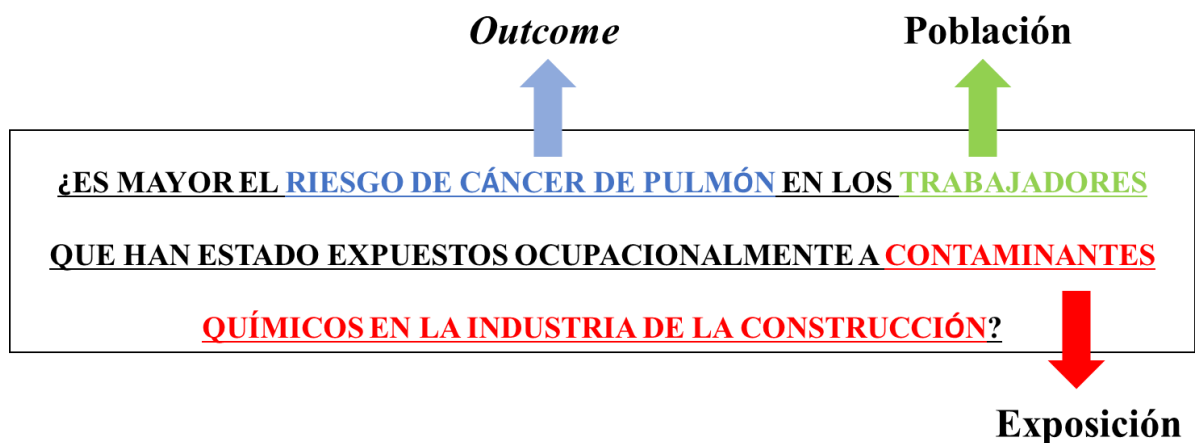


Figura 3. Elementos de la pregunta de investigación

Protocolo de Investigación

El protocolo de investigación, como componente esencial en el proceso de revisión sistemática, fue elaborado de acuerdo con la declaración Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-analyses for Protocols*) 2015 (PRISMA-P 2015) (Moher et al.,

2016) y la guía de orientación de protocolos en PROSPERO (*International prospective register of systematic reviews*) (PROSPERO, 2011). Esto proceso garantiza que la revisión sistemática esté planificada de manera cuidadosa y que aquello que se planifica esté explícitamente documentado antes de que empiece la revisión (Moher et al., 2016). Así mismo, el protocolo es un instructivo que ayuda a reflexionar y fijar los métodos más adecuados que luego se aplicarán en la revisión sistemática y, además, evitará el sesgo en las decisiones tomadas a posteriori en función de los resultados (Kitchenham, 2004).

El protocolo final elaborado fue radicado en PROSPERO el día 3 de enero de 2020.

Ejecución de la Revisión Sistemática

Búsqueda de literatura

La búsqueda de literatura fue inicialmente limitada a las bases de datos electrónicas *PubMed*, *ISI Web of Knowledge* y *Scopus*, como fuentes de obtención de los estudios primarios. Evidentemente, la estrategia más utilizada hoy es la búsqueda en bases de datos electrónicas (Ferreira et al., 2019). Sin embargo, no es una estrategia simple, dado que, aunque hay un solapamiento entre bases de datos, muchas revistas incluidas en una base de datos específica no se consideran en otras (Ferreira et al., 2019). Las principales razones por las que se seleccionaron estas tres (3) bases de datos son: libre acceso a la base de datos, licencia institucional de acceso a la base de datos, e incluir estudios primarios relevantes a la área o tema de estudio.

Por otra parte, para la elaboración de la estrategia de búsqueda se creó inicialmente una tabla con cada uno de los componentes derivados de la pregunta de investigación, en su formato PECO (trabajadores de la construcción, industria de la construcción y cáncer de pulmón) y se elaboró una lista de sinónimos de éstos. Estos términos fueron extraídos de palabras claves de artículos publicados relacionados con el tema de investigación y de una búsqueda inicial en

PubMed utilizando términos amplios. Se utilizó la herramienta *PubReMiner* (<https://hgserver2.amc.nl/cgi-bin/miner/miner2.cgi>), que es un recurso gratis en línea al que se pueden enviar consultas en PubMed para producir una lista de sinónimos de todas las palabras claves. *PubReMiner* procesa el resultado de la consulta y muestra los resultados en forma de palabras claves, que se pueden agregar o excluir de la consulta para optimizar los resultados. Empleando este proceso se logró identificar los términos a ser utilizados a la hora de realizar una búsqueda exhaustiva en las bases de datos seleccionadas.

La estrategia de búsqueda seleccionada fue construida una vez identificadas las palabras claves en las bases de datos, usando booleanos *AND* y *OR*. La estrategia de búsqueda final fue: (*“construction workers” OR bricklayers OR painters OR carpenters OR “floor layers workers” OR electricians OR plumbers OR scaffolders OR roofers OR “mason workers” OR “sheet metal workers” OR “rebar workers” OR “machine operators” OR “drywall installers” OR “insulation workers” OR “white collar workers”*) *AND* (*“construction industry” OR “construction material” OR “construction site” OR “construction emission” OR “construction dust” OR “construction activity” OR “particulate matter” OR “chemicals pollutants”*) *AND* (*“lung cancer” OR “lung function decline” OR “lung carcinoma” OR “pleural mesothelioma” OR “lung adenocarcinoma” OR “pulmonary neoplasm” OR “pulmonary cancer” OR “small cell lung cancer”*).

En esa etapa se empleó un formato de búsqueda de literatura para registrar los artículos identificados en cada base de datos y la estrategia de búsqueda. También se definió como criterio de inclusión restringir la búsqueda a los estudios publicados en los idiomas inglés y español realizados en humanos. Además, se realizó una búsqueda en las listas de referencias y las bibliografías de los artículos encontrados, posterior a la eliminación de duplicados y de aquellos artículos no relevantes para la pregunta de investigación por revisión de título y resumen. La

búsqueda inversa permite identificar estudios que quizás no fueron encontrados en la búsqueda inicial. Se utilizó el programa de *Microsoft Office Excel* para gestionar las referencias.

Selección de artículos

Se realizó una primera selección de artículos potencialmente elegibles mediante la revisión de título y resúmenes, y se procedió a evaluar los estudios potencialmente relevantes mediante criterios de inclusión y exclusión. Para esto, se desarrolló una hoja de selección de estudios. La selección de los estudios fue llevada a cabo por dos revisores, con entrenamiento en la ejecución de revisiones sistemáticas, Gabriella Rodríguez Arellana y Rita Cahuana Pinto, de forma independiente, con el objeto de aumentar la fiabilidad y la seguridad del proceso. Los criterios de relevancia se basaron en el diseño, la exposición, los participantes y los resultados del estudio. Tras la evaluación que determinó la relevancia, cada estudio se clasificó como: “incluido”, “excluido”, o “dudoso – a revisar”. Por último, se elaboró un diagrama de flujo indicando los artículos identificados en cada fase, así como los eliminados y las causas de su eliminación.

Criterios de inclusión

Se incluyeron los estudios siempre y cuando cumplieran los siguientes criterios:

Tipo de participantes: Hombres o mujeres (adultos) trabajadores de la industria de la construcción. No se utilizaron límites de edad inferiores o superiores. Se estudiaron todos los oficios relacionados con la construcción, incluidos, entre otros, ingenieros, trabajadores cuello blanco (oficinistas), trabajadores cuello azul (quienes realizan trabajo manual), carpinteros, albañiles, pintores, electricistas, fontaneros, techadores, herreros, operadores de máquinas, instaladores de paneles de yeso y estudios con diagnóstico de cáncer de pulmón evaluado por diagnóstico médico, espirometría o cuestionarios.

Tipo de exposición: La revisión incluyó estudios que informaran sobre la exposición ocupacional, a contaminantes atmosféricos, a largo plazo en un sitio de construcción, incluidos estudios a corto plazo (hasta siete días) y acumulativos (de por vida y más de siete días). Lo anterior a través de una matriz de riesgo, a través de inspección operativa, entrevistas estructuradas o mediante equipos de medición especializados.

Tipo de resultado o resultado esperado: La revisión consideró estudios que incluyeran en forma primaria o secundaria, pero claramente definida, el siguiente resultado: riesgo de cáncer de pulmón. Se consideró a los trabajadores de la construcción como unidad de análisis.

Tipos de estudios: La revisión sistemática incluyó estudios de cohorte, caso-control, estudios transversales, análisis descriptivos y estudios de revisión que reportaran la exposición a contaminantes atmosféricos en la industria de la construcción civil y el resultado de interés, a saber, cáncer de pulmón; estudios con un grupo de comparación (población general que nunca haya laborado en la industria de la construcción); y estudios que reportaran datos para calcular *odds ratios* (OR), riesgos relativos (RR) e intervalos de confianza (IC) del 95% (en el caso de datos duplicados o compartidos de la misma población, se incluyó el estudio con el mayor tamaño de muestra).

Criterio de exclusión

Algunos artículos fueron excluidos por: (i) tratarse de estudios con animales, (ii) estudios que no evaluaran el riesgo en humanos para el cáncer de pulmón, (iii) estudios sin un grupo de control adecuado, (iv) estudios que no trabajaran con la industria de la construcción.

Evaluación de la calidad metodológica

La calidad de la metodología de los estudios que cumplieron los criterios de inclusión fue evaluada con la escala *Newcastle-Ottawa* (Lo, Mertz, & Loeb, 2014). En esta escala se utiliza un sistema estelar para juzgar los estudios en tres perspectivas amplias: la selección de los grupos de

estudio, la comparabilidad de los grupos, y la determinación de las exposiciones o resultados de interés. La calidad de los estudios se calificó como pobre (1-3 estrellas), intermedia (4-6 estrellas) y alta (7-9 estrellas). Dos revisores evaluaron de forma independiente el riesgo de sesgo del estudio individual considerando las siguientes características: la estimación de la exposición, la identificación del riesgo del cáncer de pulmón, el control de posibles factores de confusión, y la consideración del efecto de la exposición a los resultados de salud. En caso de discrepancia, un tercer revisor entraba y se encargaba de resolver la situación. Para la evaluación de la calidad metodológica se empleó el formato original pero traducido al español. Una vez realizada la evaluación de la calidad metodológica se decidió eliminar aquellos que obtuvieron una calificación pobre (1 – 3 estrellas).

Extracción y gestión de datos

Los datos de cada artículo incluido fueron recuperados mediante la lectura del texto completo y extraídos en una hoja de extracción de datos estandarizada. La hoja de extracción de datos incluyó la siguiente información: título, autor, revista, año, país, objetivo del estudio, diseño del estudio, medida de resultado – instrumento utilizado, método de análisis, criterios de inclusión y exclusión, duración del estudio, participantes (muestra), número de casos y controles, características (edad, sexo), resultados (RR, OR, IC) y conclusiones de los autores.

Síntesis de datos

Los resultados de los estudios incluidos en la revisión sistemática se resumieron de manera cualitativa, mediante una tabla donde se describieron los resultados de cada estudio. La síntesis de datos implica recopilar y resumir los resultados de los estudios primarios incluidos. Sin embargo, siempre que posible se debe complementar una síntesis descriptiva con un resumen

cuantitativo, utilizando las técnicas de metaanálisis (Kitchenham, 2004). Para el metaanálisis, se elaboró un diagrama de *forest plot*, que es un gráfico que muestra los resultados de cada estudio (estudios puntuales y su IC) y del resumen estadístico de dichos estudios (estimado global y su IC) (Peralta & Taype-rondan, 2019).

En un *forest plot* la primera columna corresponde a la identificación de cada estudio, que usualmente incluye el apellido del autor y el año de publicación del estudio. La segunda columna describe las características de la población (casos y controles) para el resultado esperado y en la tercera columna, se reporta el peso de cada estudio, que hace referencia al aporte del estudio (en porcentaje) al estimado global del metaanálisis. Finalmente, en la última columna se reporta numéricamente el tamaño del efecto (Peralta & Taype-rondan, 2019).

Adicionalmente, en el *forest plot*, para cada estudio primario, el estimado puntual está representado por un cuadrado cuyo tamaño es directamente proporcional al peso, es decir, aquellos estudios con mayor peso tendrán un cuadrado más grande. Finalmente, el estimado global o resultado final, que resume estadísticamente los estudios primarios, está representado por un rombo, de manera que los vértices superior e inferior representan el valor puntual, y los vértices laterales representan su IC (Peralta & Taype-rondan, 2019). En la parte inferior del *forest plot* hay una regla llamada “Escala de efecto”, de la cual se traza una línea vertical que lleva por nombre “Línea de no efecto”. Si el desenlace es dicotómico, la línea de no efecto se proyectará desde el uno; si es continuo, desde el cero. Si una de las líneas horizontales o de los rombos cruza dicha línea, el efecto no es estadísticamente significativo. Una vez realizado el gráfico *forest plot*, se puede evaluar que existe poca heterogeneidad cuando los estimados de los estudios se ubican cercanamente entre sí y superponen sus intervalos de confianza (Peralta & Taype-rondan, 2019).

Por otro lado, la heterogeneidad o interpretación estadística de la variabilidad entre los efectos de dos o más estudios en un gráfico de *forest plot*, se evaluó mediante la interpretación de la medida I² de *Higgins*, de la siguiente manera: de 0 a 40%, pudiera no ser importante, de 30 a 60% puede representar heterogeneidad moderada, de 50 a 90% puede representar heterogeneidad significativa y de 75 a 100% heterogeneidad considerable (Higgins & Green, 2011). Cochrane sugiere que un I² de hasta 40% sería lo esperado por el azar, y más allá de eso tendría otras causas (Higgins & Green, 2011). Así mismo, también se interpretó la prueba estadística de chi cuadrado para heterogeneidad. La prueba chi cuadrado tiene como hipótesis nula que todos los estudios presentan el mismo efecto, de manera que, un valor de p menor o igual a 0,10 determinaría una diferencia significativa (una heterogeneidad) (Higgins & Green, 2011). Para calcular el estimado global en un metaanálisis, se utilizó el modelo matemático de efectos aleatorios (*random effects*) (Ferreira et al., 2019). El modelo de efectos aleatorios asume que los estudios no reflejan un solo efecto real, por poseer diferentes poblaciones, intervenciones, comparadores o formas de evaluar el desenlace. En este caso, se espera una alta heterogeneidad, por lo cual este modelo se usa cuando se obtenga un $I^2 \geq 40\%$ (Peralta & Taype-rondan, 2019).

Finalmente, se evaluó el sesgo de publicación mediante el gráfico de *funnel plot*, que es un gráfico de dispersión de los estudios que se construye a partir de un metaanálisis (Peralta & Taype-rondan, 2019). Los estudios están representados por un punto; en el eje de las abscisas se presenta el tamaño del efecto de los estudios (RR, OR, entre otros). Además, se puede apreciar que de esta se traza una línea vertical punteada que representa el valor puntual del estimado global del metaanálisis (Peralta & Taype-rondan, 2019). De la parte superior de esta línea vertical, se proyectan dos líneas oblicuas hacia la derecha e izquierda, las cuales solo sirven de referencia para formar un embudo invertido. En el eje de las ordenadas se presenta el error estándar, de manera que los estudios con menor error estándar estén en la parte superior del

gráfico. Cabe recordar que el error estándar está inversamente relacionado con el tamaño de la población evaluada. Debido al error aleatorio, los resultados de los estudios individuales deberían estar uniformemente distribuidos alrededor de la línea vertical que muestra el efecto global, tomando idealmente una distribución en forma de embudo (*funnel*). Si es que esta distribución no es simétrica, se puede sospechar de un sesgo de reporte. Para que la evaluación del *funnel plot* sea confiable, se recomienda que en el análisis se incluyan por lo menos 10 estudios (Peralta & Taype-rondan, 2019).

Reporte

Los resultados de la presente revisión sistemática se informarán en el documento de tesis de maestría y un artículo científico, sometido en revistas indexadas del área de conocimiento. La comunicación efectiva de los resultados es la última etapa de una revisión sistemática.

Resultados

Los resultados de este estudio fueron generados a partir del protocolo de investigación radicado en la plataforma PROSPERO el día 3 de enero de 2020 y registrado, con código CRD42020164209, el día 28 de abril de 2020 (Figura 4).

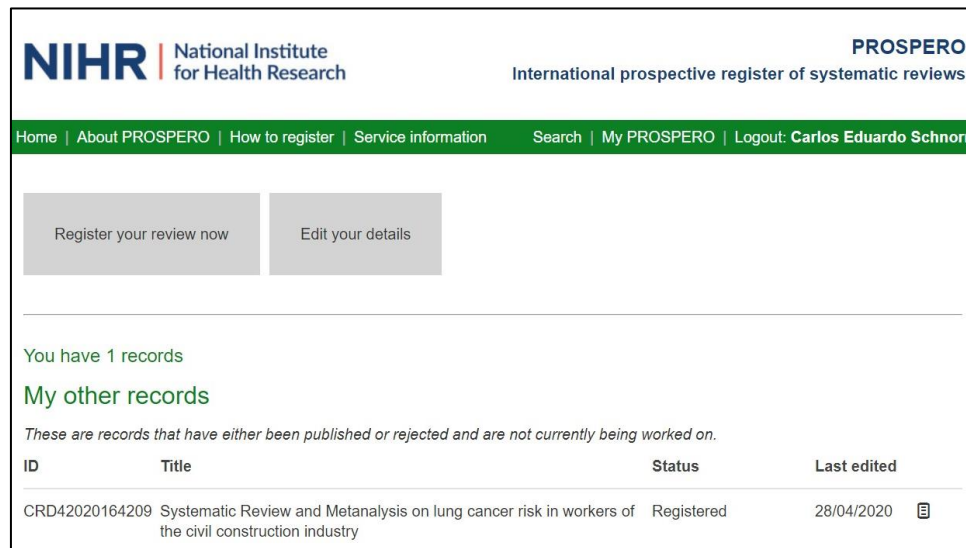


Figura 4. Protocolo en la plataforma PROSPERO

Selección de estudios

La búsqueda bibliográfica se realizó entre el 30 de marzo y 13 de abril de 2020. En la búsqueda inicial se identificó 1699 estudios potencialmente relevantes, correspondiente a la suma de los estudios obtenidos de las tres (3) bases de datos *PubMed*, *ISI of Knowledge* y *Scopus*, a saber, 42, 28 y 1629 respectivamente. En material complementario se ilustra la estrategia de búsqueda exacta empleada y los resultados obtenidos (Anexo 1). De los 1699 estudios potencialmente relevantes, 70 fueron eliminados por duplicidad y 1599 fueron eliminados después de revisión a nivel de título y resumen. A los 30 estudios restantes se les aplicaron los criterios de inclusión y exclusión a partir del análisis a texto completo por dos investigadores. A estos 30 estudios se sumaron 23 más obtenidos en la búsqueda inversa de los

estudios identificados, los cuales también fueron revisados a texto completo, mediante el formato de selección (Anexo 2). De estos 53 estudios, 35 estudios fueron excluidos por criterios de inclusión y a los 18 estudios restantes se les realizó la evaluación de la calidad o valoración de calidad metodológica. La principal causa de exclusión fue la ausencia de la evaluación de riesgo de cáncer de pulmón en estos estudios. Los estudios que fueron excluidos y los motivos de exclusión se detallan en material complementario (Anexo 3). De los 18 estudios seleccionados, ningún estudio fue excluido por considerarse de calidad pobre a partir de la valoración crítica de su calidad metodológica (Tabla 3). De igual manera, se presenta el formato de escala utilizada para evaluación de la calidad (Anexo 4).

Tabla 3.

Calidad metodológica de los estudios de caso – control (metodología NOS).

ESTUDIOS DE CASO Y CONTROL							
ID	REFERENCIA ESTUDIO	SELECCIÓN	COMPARABILIDAD	EXPOSICIÓN	CALIDAD	RIESGO	SELECCIÓN
1	Blot, 1982	XXX	X	XXX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
2	Buiatti, 1982	XXX	X	XXX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
3	Milne, 1983	XXX	X	XXX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
4	Zahm, 1989	XXXX	X	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI
5	Burns, 1991	XXX	X	XXX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
6	Morabia, 1992	XXX	X	XXX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
7	Keller, 1993	XXX	XXX	XX	ALTA	Bajo riesgo	SI
8	Dong, 1995	XXXX	X	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI
9	Wang, 1995	XXX	X	XXX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
10	De Sefani, 1996	XXXX	X	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI
11	Jockel, 1998	XXXX	X	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI
12	Wiensch-filho, 1998	XXX	X	XXX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
13	Bruske-hohlfeld, 2000	XXXX	X	XX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
14	Consonni, 2010	XXXX	X	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI
15	Guida, 2011	XXXX	X	XX	INTERMEDIA	Bajo riesgo	SI
16	Consonni, 2012	XXXX	X	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI
17	Consonni, 2015	XXXX	XX	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI

18	Lacourt, 2015	XXXX	XX	XXX	ALTA	Bajo riesgo	SI
----	---------------	------	----	-----	------	-------------	----

El número de X representa el número de criterios que cumple el estudio en cada categoría: selección, comparabilidad y exposición. Se seleccionan aquellos con un número de X mayor o igual a 3, en la totalidad de criterios, independiente de la categoría.

Datos obtenidos de artículos (Elaboración propia)

Finalmente, un total de 18 estudios fueron incluidos para la revisión sistemática (Anexo 5). El proceso de selección de los estudios queda reflejado en la Figura 5.

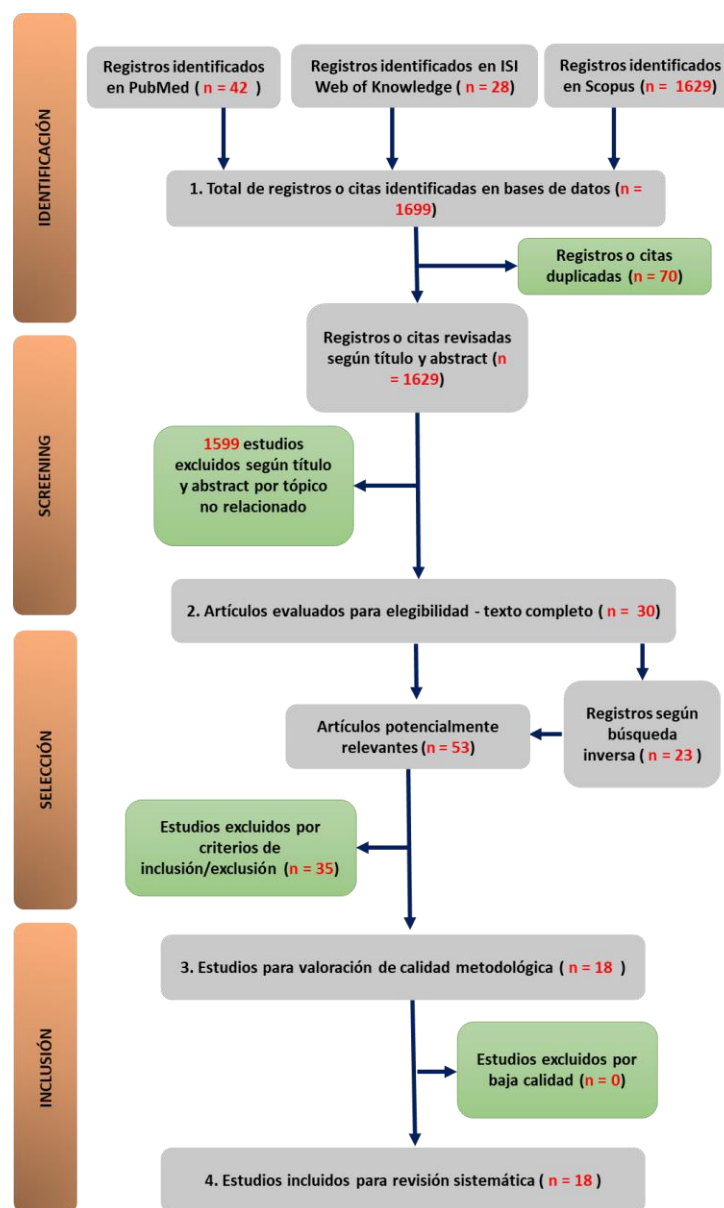


Figura 5. Diagrama de flujo de selección de artículos. (Elaboración propia)

Características de los Estudios

De los 18 estudios a los que se evaluó su calidad metodológica, todos eran estudios de caso y control (Tabla 4). Los 18 estudios incluyeron un total de 133190 participantes, en los cuales 11479 fueron participantes en el sector de la construcción (6112 casos y 5367 controles) y 121711 participantes que nunca laboraron en la industria de la construcción, o grupo de referencia (56744 casos y 64967 controles). El grupo de referencia fue basado en la población en general, que nunca ha laborado en la industria de la construcción. La edad promedio de los participantes fue de 55 años, en un rango de 35 a 75 años. Además, en estos estudios se observa claro predominio del sexo masculino y solamente 5 estudios incluyeron casos y controles de ambos sexos. Los estudios varían en su lugar de desarrollo, incluyendo estudios realizados en Estados Unidos, Suecia, Italia, Canadá, China, Uruguay, Brasil, Alemania, y Francia. De estos estudios, solamente 1 estudio fue realizado en 16 países, incluyendo 13 países europeos, Canadá, Hong Kong y Nueva Zelanda (Consonni et al., 2015). Los estudios varían en su duración, con promedio de 5,5 años, en un rango de 1 a 25 años. La calidad metodológica de los estudios de casos y controles se resumió como una NOS alta de 7 (rango 7-9). Finalmente, los estudios tienen fecha de publicación entre 1982 y 2015, y están publicados en 9 revistas científicas.

Las características de los contaminantes y de la exposición son presentados en la Tabla 4. Se observa que la mayoría de los 18 artículos incluidos utilizaron fuentes de datos secundarias, principalmente historias clínicas de los registros nacionales de cáncer y certificados de defunción en hospitales para determinar la causa de muerte en los casos relacionados. También se observa que 13 de los 18 estudios no reportaron el tipo de contaminante al que estuvieron expuestos los trabajadores de la construcción. Además, la medida de exposición a lo largo de los 18 estudios de caso y control consistió en entrevistas personales, estructuradas y cuestionarios auto informados. Los hábitos de fumar de los participantes fueron cuantificados por entrevista personal y/o

cuestionario. Si el sujeto había fallecido, se buscó la información adecuada de sus familiares o cónyuge. Finalmente, la configuración de la exposición se hizo mediante historias ocupacionales o laborales, en las cuales se adaptaban las ocupaciones según la clasificación internacional de ocupaciones y actividades económicas de cada país.

El análisis de riesgo en estos estudios primarios fue realizado generalmente basado en datos de exposición combinados con documentos y relaciones de respuesta a la exposición. En todos los estudios el método estadístico empleado fue el modelo de regresión por logística inversa. Se observa una variación en la estimación de riesgo de un estudio a otro. Mientras algunos únicamente determinaban el riesgo en el sector de la construcción en general, otros estudios reportan datos por actividades de construcción, otros estudios clasifican los datos por tipo de cáncer de pulmón y algunos pocos clasifican los datos de acuerdo con la sustancia contaminante a la estaban expuestos los trabajadores.

Tabla 4.

Características de estudios de caso-control incluidos en el metaanálisis y medidas de exposición e instrumento utilizado para coleccionar los datos.

Autor (año)	Revista	País	Edad promedio (Casos/Controles)	Género (%)	Construcción Casos/Total	Grupo de Referencia ¹ Casos/Total	NOS** (New Castle Ottawa Escala)	Tipo de contaminante	Medida de exposición	Instrumento utilizado	Definición de exposición a contaminantes (Expuestos y no expuestos)
Blot (1982)	Lung Cancer and Occupation	Estados Unidos	63/No reporta	M (100)	51/123	510/1450	7	Asbesto	Entrevistas personales	Datos de Centro Nacional de Estadísticas de Salud y la Oficina del censo	Historia ocupacional (clasificación industrial estándar)
Milne (1983)	American Journal of Industrial Medicine	Estados Unidos	No reporta/No reporta	No reporta	100/390	557/3062	7	No reportan	Registro asociado a la historia ocupacional	Certificado de defunción	Historia ocupacional
Buiatti (1985)	Journal of Epidemiology and Community Health	Italia	No reporta/No reporta	No reporta	62/217	472/1589	7	No reportan	Entrevistas personales	Registros histológicos confiables	Historia ocupacional (Codificación ocupacional estándar de la OIT)
Zahm (1989)	American Journal of Industrial Medicine	Estados Unidos	No reporta	M (100)	375/991	1937/6317	8	No reportan	Entrevista personal	Registro nacional de cáncer y hospitales	Historia ocupacional (empleos codificados por técnicos capacitados en registros médicos de la Oficina de Censos de los Estados Unidos de 1980)
Burns (1991)	American Journal of Industrial Medicine	Estados Unidos	62/62	M (100)	383/545	3374/5272	7	No reportan	Entrevistas telefónicas	Sistema de Vigilancia de Incidencia de Cáncer Ocupacional (OCISS)	Historia ocupacional (codificado de acuerdo con los códigos de 3 dígitos de la clasificación de la Oficina del Censo de EE. UU. de 1980)

Morabia (1992)	British Journal of Industrial Medicine	Estados Unidos	No reporta/No reporta	M (100)	111/217	134/252	7	No reportan	Entrevistas personales y cuestionario estructurado.	Base de datos de la fundación americana de la salud	Historia ocupacional
Keller (1993)	American Journal of Industrial Medicine	Estados Unidos	63,8/64,4	M (100)	1274/1649	8613/11800	8	No reportan	Registro asociado a la historia ocupacional	Registro estatal de cáncer	Historia ocupacional (empleos codificables según el sistema de Clasificación del censo de los Estados Unidos de 1980)
Fletcher (1993)	International Journal of Epidemiology	Suecia	No reporta/ reporta	M (100)	32/241	48/414	8	No reportan	Entrevista estructurada, cuestionario auto informado y matriz JEM	Hospitales	Historia ocupacional
Wang (1995)	American Journal of Industrial Medicine	China	No reporta/No reporta	M (53,9) F (46,1)	218/832	9171/26934	7	No reportan	Entrevistas personales	Registro nacional de cáncer y hospitales	Historia ocupacional (formulario de notificación del registro y codificado según el tercer censo nacional chino)
De Stefani (1996)	Scandinavian Journal of Work, Environment & Health	Uruguay	55/No reporta	M (100)	390/810	219/493	8	Asbesto, polvo de sílice y DDT (diclorodifenil tricloroetanolina)	Entrevistas personales	Registro nacional de cáncer y hospitales	Cuestionarios
Jockel (1998)	International Journal of Epidemiology	Alemania	No reporta/No reporta	M (83,5) F (16,9)	237/414	2469/4808	8	No reportan	Entrevista estructurada	Hospitales	Historia ocupacional
Wunsch-filho (1998)	Scandinavian Journal of Work, Environment & Health	Brasil	61,6/61,3	M (67,8) F (32,2)	151/466	1141/3131	7	Asbesto, hidrocarburos aromáticos polinucleares, arsénico, polvo, níquel y cromo.	Entrevistas personales y uso de una matriz de exposición laboral	Hospitales	Cuestionarios
Bruske-Hohlfeld (2000)	American Journal of Epidemiology	Alemania	No reporta/No reporta	M (100)	1004/1710	8952/17393	7	No reportan	Entrevistas personales	Registros histológicos confiables	Historia ocupacional (Exposición de empleos codificados por expertos)

Consonni (2010)	American Journal of Epidemiology	Italia	57/No reporta	M (77,5) F (22,4)	58/96	226/337	7	No reportan	Entrevista personal, toma de muestra de sangre, cuestionario auto informado	Hospitales	Historia ocupacional
Guida (2011)	Lung Cancer and Occupation	Francia	46,5/No reporta	M (78,0) F (22,0)	197/308	1628/3799	8	No reportan	Historial laboral	Estudio francés de casos y controles de cáncer de pulmón Información del estudio The Environment And Genetics in Lung cancer Etiology (EAGLE)	Historia ocupacional
Consonni (2012)	American Journal of Industrial Medicine	Italia	57/57	M (100)	270/479	1209/2572	8	No reportan	Entrevista personal y cuestionario autoadministrado		Historia ocupacional
Consonni (2015)	Internatio nal Journal of Cancer	13 países europeos, Canadá, Hong Kong y Nueva Zelanda	62,5/63	M (100)	695/1164	14913/3297 5	9	No reportan	Entrevistas personales	Información del proyecto SINERGIA	Historia ocupacional
Lacourt (2015)	BMC Public Health	Canadá	53,7/53,7	M (100)	414/735	1179/2285	9	Polvo de suelo, asbesto, sílice cristalina, cemento portland, óxido de calcio y sulfato de calcio.	Cuestionario estandarizado	Hospitales	Historia ocupacional

¹ el grupo de referencia está constituido por los trabajadores de otros sectores que nunca laboraron en el sector de la construcción civil

M = masculino, F = femenino

(Elaboración propia)

Riesgo de Cáncer de Pulmón

El metaanálisis de efectos aleatorios de los 18 estudios reveló un incremento del riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción (Figura 6). Para los trabajadores de la construcción civil el OR vario de 0,69 (IC 95%= 0,59 – 0,80) hasta 1,79 (IC 95%= 1,59 – 2,02), con OR resumen de 1,23 (1,07 – 1,40), con un efecto total de $Z=2,97$ ($P = 0,003$).

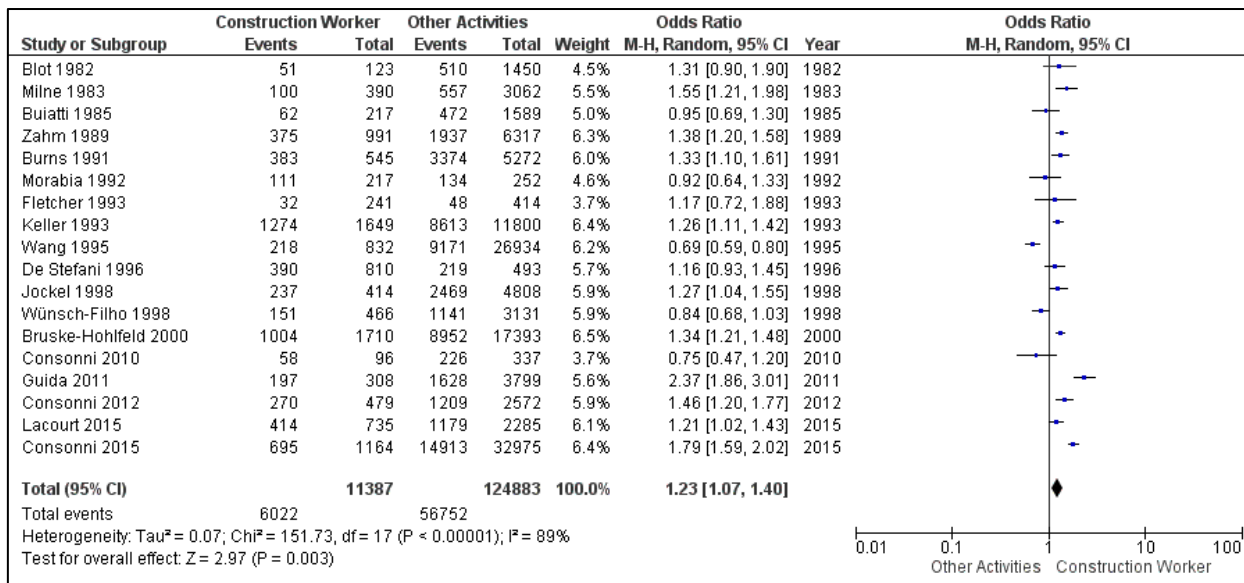


Figura 6. Metaanálisis de efectos aleatorios entre la exposición a contaminantes químicos en la industria de la construcción y el riesgo de cáncer de pulmón. (Elaboración propia)

Adicionalmente, se observa una alta heterogeneidad en los estudios evaluados ($I^2 = 89\%$) (Figura 6). En total, 10 de los 18 estudios revelaron un mayor riesgo en trabajadores de la construcción civil, mientras los otros 8 estudios restantes indicaron que el riesgo en la construcción civil es similar al riesgo en el grupo referencial. El análisis de Begg también sugirió un sesgo de publicación evidente por la asimetría en la distribución de los estudios, lo que está acorde con la alta heterogeneidad de estos (Figura 7).

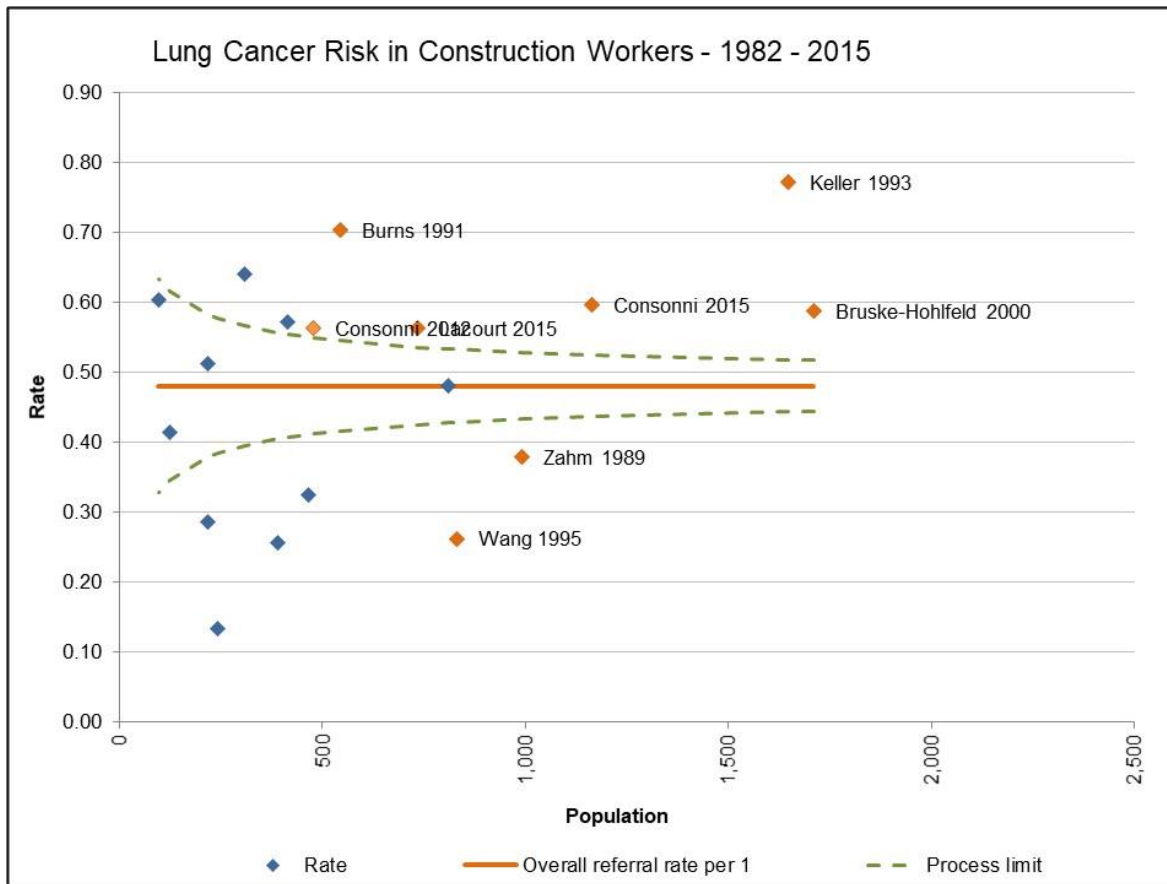


Figura 7. *Funnel plot* para 18 estudios de caso y control sobre exposición de trabajadores a contaminantes químicos en la industria de la construcción y el riesgo de cáncer de pulmón

La heterogeneidad afecta considerablemente la interpretación de los resultados, por lo que se procedió a realizar análisis de subgrupo para cada subpoblación de interés. Por lo tanto, se identificaron riesgos de cáncer de pulmón, por ocupación y contaminantes.

Riesgo de cáncer de pulmón por ocupación en la industria de la construcción

De los 18 estudios incluidos, solo 6 estudios reportaron datos de riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción clasificados por ocupación. El metaanálisis de efectos aleatorios por ocupación reveló un incremento del riesgo de cáncer de pulmón en albañiles, carpinteros y plomeros (Tabla 5). El OR para los albañiles fue de 1,77 (1,56 – 2,01; Z=8,81;

$p < 0,00001$), para los carpinteros de 1,31 (1,02 – 1,69; $Z = 2,11$; $p = 0,04$) y para los plomeros de 1,46 (1,09 – 1,95; $Z = 2,51$; $p = 0,01$), con una heterogeneidad $I^2 = 13\%$, 0% y 0% respectivamente (Figuras 8, 9 y 10). En las demás ocupaciones, como eléctricos, pintores, aisladores, trabajadores de carretera, techadores, soldadores, conductores de equipos pesados, trabajadores de cuello blanco y yeseros, no se observó diferencia en comparación al grupo referencia (Tabla 6). Por otro lado, se observa que 7 de los 18 estudios, reportaron el riesgo de cáncer de pulmón en la industria de la construcción, pero sin clasificar los datos por ocupación y los 5 estudios restantes, no reportaron datos por ocupación.

Tabla 5.

Riesgo de cáncer de pulmón por ocupación en la industria de la construcción civil

Ocupación	Número de estudios	Participantes	Estimación del efecto		
			OR (M-H, Random, 95% CI)	I^2	Efecto General
Albañiles	4	43988	1,77 (1,56 - 2,01)	13%	$Z = 8,81$ ($p < 0,00001$)
Carpinteros	2	7079	1,31 (1,02 - 1,69)	0%	$Z = 2,11$ ($p = 0,04$)
Plomeros	3	9572	1,46 (1,09 - 1,95)	0%	$Z = 2,51$ ($p = 0,01$)
Aisladores	2	6663	3,55 (0,32 - 39,11)	55%	$Z = 1,04$ ($p = 0,30$)
Concreteros	3	3570	1,15 (0,87 - 1,52)	0%	$Z = 0,96$ ($p = 0,34$)
Techadores	4	7521	1,17 (0,80 - 1,71)	0%	$Z = 0,81$ ($p = 0,42$)
Trabajadores de estructura	3	7123	1,27 (0,71 - 2,26)	15%	$Z = 0,81$ ($p = 0,42$)
Yesero	1	507	0,70 (0,23 - 2,10)	NA	$Z = 0,64$ ($p = 0,52$)
Pintores	3	7342	1,23 (0,65 - 2,33)	77%	$Z = 0,63$ ($p = 0,53$)
Soldadores	3	7218	1,07 (0,73 - 1,57)	22%	$Z = 0,37$ ($p = 0,71$)
Operadores de maquinaria	2	7147	1,05 (0,79 - 1,40)	31%	$Z = 0,35$ ($p = 0,73$)
Oficinistas/Supervisores	1	2667	1,06 (0,70 - 1,59)	NA	$Z = 0,27$ ($p = 0,79$)
Eléctricos	4	9897	1,03 (0,80 - 1,33)	0%	$Z = 0,26$ ($p = 0,80$)
Trabajadores de asfalto y pavimento	2	6760	0,93 (0,46 - 1,86)	34%	$Z = 0,21$ ($p = 0,83$)

(Elaboración propia)

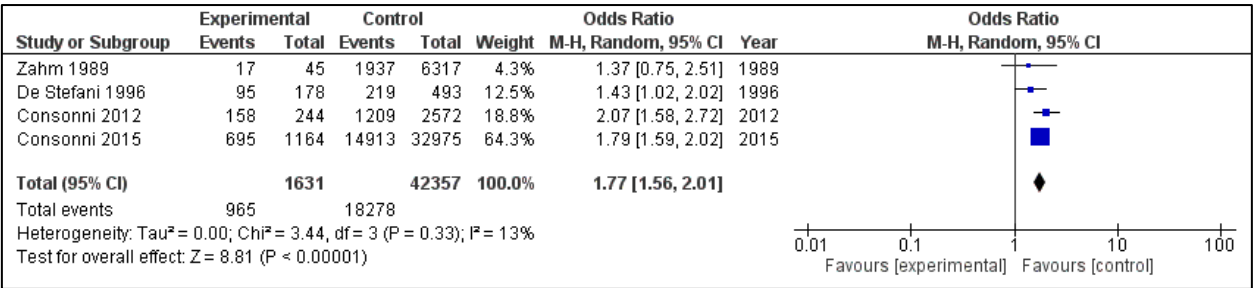


Figura 8. Riesgo de cáncer de pulmón en albañiles (Elaboración propia)

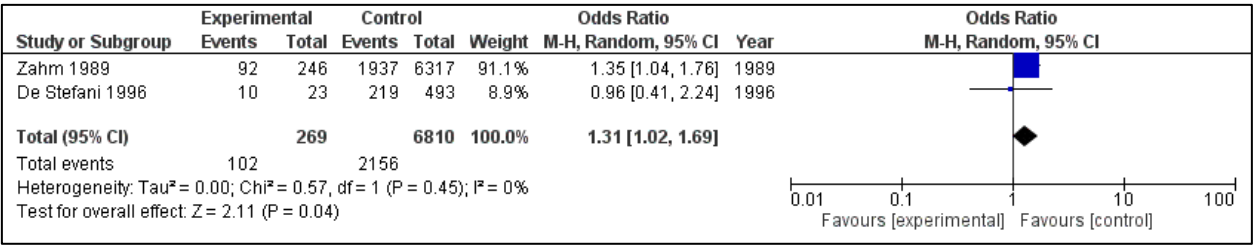


Figura 9. Riesgo de cáncer de pulmón en carpinteros (Elaboración propia)

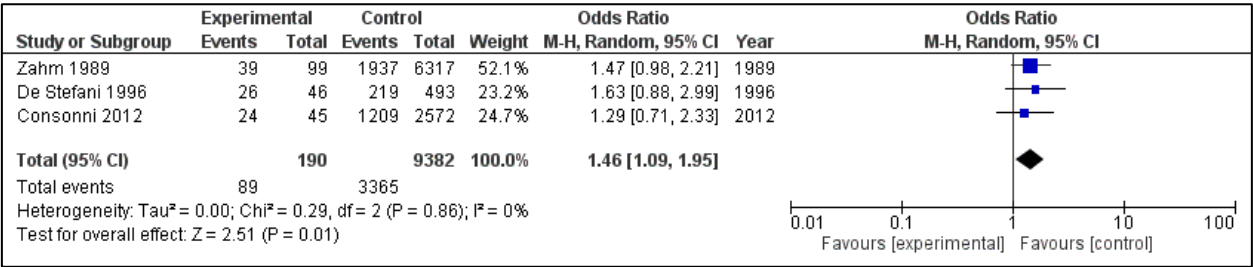


Figura 10. Riesgo de cáncer de pulmón en plomeros (Elaboración propia)

Riesgo de cáncer de pulmón por contaminante en la industria de la construcción civil

La mayoría de los estudios incluidos en la revisión sistemática no reportaron datos de riesgo de cáncer de pulmón discriminado por contaminante, lo que limitó la comparación entre los diversos contaminantes. Solamente 6 de los 18 estudios reportaron datos de riesgo de cáncer

de pulmón por contaminantes químicos, pero 3 de estos estudios reportaron datos mezclados de diferentes industrias. Además, solo 1 contaminante coincidía en los 3 estudios: el asbesto. Por lo tanto, el único metaanálisis por contaminantes realizado fue para el asbesto, donde se observó un OR de 1,00 (0,43 – 2,32; $Z=0,00$; $p=1,00$) con una heterogeneidad de $I^2=91\%$ para los trabajadores de la industria de la construcción (Figura 11).

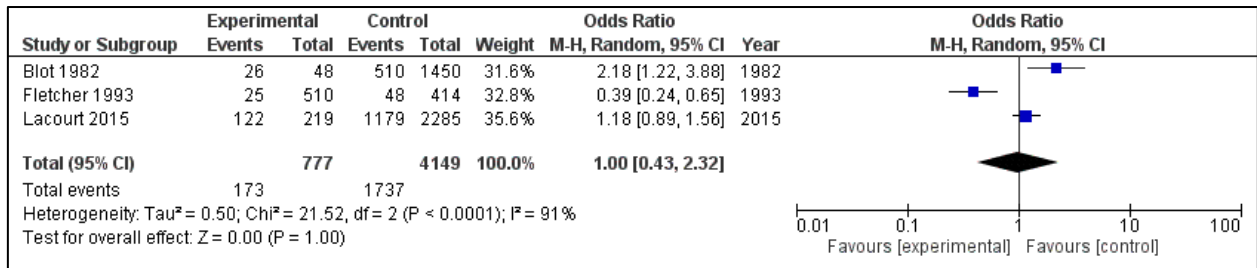


Figura 11. Riesgo de cáncer de pulmón por asbesto (Elaboración propia)

Discusión

Los resultados de la revisión sistemática y metaanálisis demuestran que existe un incremento del riesgo de cáncer de pulmón en la industria de la construcción civil en comparación con trabajadores de otras industrias o sectores productivos que nunca han laborado en la construcción civil (Figura 6). Se evidenció alta heterogeneidad entre los 18 estudios incluidos, lo que demuestra una diferencia importante entre los resultados individuales reportados por cada estudio primario. Por lo anterior, se realizó un análisis de subgrupo, en función de los datos disponibles y los objetivos de la tesis, primero por ocupación y después por contaminantes. En el primer análisis de subgrupo, se evidenció que los albañiles, carpinteros y plomeros tienen un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón frente a otras ocupaciones de la construcción civil (Figuras 8, 9 y 10). Sin embargo, para el caso del segundo subgrupo los datos disponibles en estudios primarios fueron limitados y solo permitieron realizar un metaanálisis de riesgo por contaminante para el asbesto, debido a la falta de información en la totalidad de los estudios.

El aumento del riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la industria de la construcción civil reportado en el presente estudio coincide con lo reportado en estudios anteriores. Un estudio, por ejemplo, encontró un mayor riesgo de cáncer de pulmón entre trabajadores de la construcción producto de exposiciones ocupacionales (Dement et al., 2020). Así mismo, se reportó que la exposición acumulativa evaluada por expertos en las actividades de construcción, aumentaban el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores (Koskinen, Pukkala, Martikainen, Reijula, & Karjalainen, 2000). En un análisis de industrias asociadas con una proporción elevada de cáncer de pulmón, se incluyó a la industria de la construcción, por considerarse altamente expuesta a sustancias químicas como el asbesto (Hall & Rosenman, 1991). Los resultados de esta revisión y de otros estudios respaldan la hipótesis de que trabajar

en la industria de la construcción está asociado con un alto riesgo de enfermedades malignas, incluido el cáncer de pulmón.

Sin embargo, es importante destacar que los resultados de la presente investigación divergen de otros estudios que no observaron mayor riesgo en los trabajadores de la industria de la construcción civil. Un estudio de hecho sugirió que se deben realizar investigaciones más detalladas, que incluyan clasificaciones de trabajo menores en la industria de la construcción para determinar el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores (Sun et al., 2002). En ese camino, otro estudio reporta que los trabajadores de la construcción clasificados como altamente expuestos a contaminantes atmosféricos no tienen una incidencia significativamente mayor que los no expuestos (Engholm, Englund, & Hallin, 1987). Lo anterior, resalta la importancia de la presente investigación, dado que aborda la literatura disponible en esta temática y permite integrar y sintetizar los datos primarios de evaluación de riesgo de cáncer de pulmón en diferentes ocupaciones de la industria de la construcción.

Haciendo énfasis en el primer objetivo específico, el análisis del riesgo de cáncer de pulmón por ocupación en la construcción civil, indica que, de las ocupaciones evaluadas, los albañiles, carpinteros y plomeros tienen un riesgo incrementado. El resultado es acorde con estudios que demuestran que el riesgo elevado por cáncer de pulmón ha sido reportado para varios oficios de construcción específicos como albañiles (Consonni et al., 2010), electricistas (Calvert et al., 2012), carpinteros (Koskinen et al., 2000), pintores (Guha et al., 2010), supervisores (Lacourt et al., 2015a), techadores y aisladores (Bengt Jarvholm & Englund, 2014) entre otros. Para los albañiles se encontró evidencia de un mayor riesgo de cáncer de pulmón y lesiones físicas (Boschman, Molen, et al., 2011). Así mismo, los albañiles y carpinteros corren el riesgo de contraer enfermedades asociadas con una fuerte exposición al polvo inorgánico, entre estas el cáncer de pulmón y neumoconiosis (Finkelstein & Verma, 2005). De hecho, un estudio

sugiere que las ocupaciones de construcción, excepto los gerentes / ingenieros y supervisores, tuvieron riesgo elevado de cáncer de pulmón combinado (Calvert et al., 2012).

Por otro lado, otras ocupaciones no presentaron incremento en el riesgo de cáncer de pulmón en comparación con el grupo referente, tales como soldadores (OR 1,07; IC95% 0,73 – 1,57), techadores (OR 1,17; IC95% 0,80 – 1,71), pintores (OR 1,23; IC95% 0,65 – 2,33), aisladores (OR 3,55; IC95% 0,32 – 39,1) y trabajadores de chapa (OR 1,27; IC95% 0,71 – 2,26). Este resultado diverge de lo reportado por estudios anteriores donde se observa un incremento en el riesgo de cáncer de pulmón asociado con estas actividades. Hay estudios que sugieren riesgos de cáncer de pulmón en techadores (Tim Partanen & Boffetta, 1994), soldadores (Calvert et al., 2012), aisladores (Koskinen et al., 2000), los trabajadores de chapa (J. M. Dement et al., 2020) y pintores (Guha et al., 2010). La discrepancia de estos resultados con lo reportado en nuestra revisión se debe principalmente, a la diferencia en el tamaño la muestra, tanto de casos como controles, entre los diferentes estudios primarios generó poca representatividad de algunas ocupaciones en comparación con otras y finalmente, no todos los estudios evaluaron el riesgo por ocupación.

Dado que los resultados indican mayor riesgo de cáncer de pulmón a los trabajadores de la construcción civil, en especial albañiles, carpinteros y plomeros, uno de los objetivos específicos del estudio fue evaluar la posible asociación con contaminantes químicos específicos. No obstante, la falta de datos sobre contaminantes en los estudios primarios es una limitante significativa en la presente investigación. Desde el punto de vista de la valoración de la heterogeneidad o diferencia sustancial de resultados, se hace indispensable evaluar las posibles fuentes de heterogeneidad, a saber: heterogeneidad poblacional, heterogeneidad metodológica y heterogeneidad estadística. De ahí que, solo fue posible evaluar estudios que al combinar los resultados se pueda llevar a cabo un análisis cuantitativo.

La hipótesis de una relación específica entre contaminantes atmosféricos y riesgo de cáncer de pulmón estuvo soportada por los resultados de estudios anteriores, pero los datos de los estudios incluidos en la revisión sistemática fueron limitados para realizar este metaanálisis. Esa limitación es importante, ya que otros estudios apuntan a que las exposiciones ocupacionales a sustancias peligrosas pueden contribuir al aumento del cáncer de pulmón (Dong, Vaughan, Sullivan, & Fletcher, 1995). Por ejemplo, un estudio sugiere que los trabajadores con una fuerte exposición al asbesto tienen un riesgo similar de cáncer de pulmón con personas con baja o ninguna exposición (Bengt Jarvholm & Englund, 2014). Por su parte, una proporción considerable de mesoteliomas pleurales se produce entre trabajadores de la construcción y no solo en trabajos tradicionalmente asociados con la exposición al asbesto como aisladores y fontaneros, sino también entre electricistas, por ejemplo (Bengt Jarvholm & Englund, 2014).

Adicionalmente, todos los datos disponibles indican que los trabajadores de la construcción expuestos a niveles de cuarzo superiores a los límites de exposición ocupacionales tienen un riesgo elevado de silicosis y otras enfermedades respiratorias (Nij & Heederik, 2005). En este mismo sentido, el cáncer de pulmón se ha asociado con una exposición prolongada a niveles altos de sílice, polvo de excavación, polvo de concreto, polvo abrasivo (Moghadam, Abedi, Afshari, & Abedini, 2017). De hecho, en los análisis de agentes dentro de la industria de la construcción, hubo sugerencias de mayores riesgos entre los trabajadores expuestos a polvo del suelo, asbesto, sílice cristalina, cemento Portland, óxido de calcio y sulfato de calcio (Lacourt et al., 2015b). Hay hallazgos que proporcionan evidencia adicional de un mayor riesgo de cáncer de pulmón en albañiles y lo asocian a la exposición a varios carcinógenos, especialmente a la sílice cristalina (Consonni et al., 2012).

Es importante destacar que esta es la primera revisión sistemática que sintetiza e integra los datos de estudios primarios sobre el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la

industria de la construcción. Anteriormente, solo se tenía revisión sistemática sobre efectos a la salud y demás ocupaciones en albañiles y supervisores (Boschman, Molen, et al., 2011), sobre prevalencia de síntomas musculoesqueléticos en la industria de la construcción (Umer, 2018), enfermedad pulmonar obstructiva crónica y trabajadores de la construcción (Borup et al., 2018), asociación entre exposición en la industria de producción de cemento y efectos respiratorios no malignos (Moller Fell & Nordby, 2017), disminución de la función pulmonar entre los trabajadores de producción de cemento (Moghadam et al., 2017), riesgo de cáncer en relación a la exposición al cemento Portland (Cohen, Sadoff, Jiang, Fryzek, & Garabrant, 2014) y riesgo de cáncer de pulmón en pintores (Guha et al., 2010). Sin embargo, ninguna de esas revisiones sistemáticas a la fecha había establecido valores de riesgo de cáncer de pulmón específicamente en las ocupaciones de la construcción civil. De hecho, los resultados más significativos de la presente investigación corresponden justamente cuando se hace la separación por actividad. Así mismo, esta revisión tiene fuertes implicaciones para gerentes de construcción, trabajadores de seguridad y salud en el trabajo, formuladores de políticas e investigadores. Este estudio estima que existe un mayor riesgo de cáncer de pulmón en la industria de la construcción, lo que fomenta la necesidad de desarrollar políticas relevantes e implementar estrategias efectivas de prevención para disminuir el riesgo de cáncer de pulmón en las diferentes ocupaciones de la industria de la construcción civil.

No obstante, es importante destacar que el presente estudio tiene también limitaciones. Primero, dadas las poblaciones heterogéneas y diferencias en los controles o referenciales en cada estudio incluido, el riesgo de cáncer de pulmón debe interpretarse con precaución. Específicamente, los análisis de heterogeneidad demuestran que los estudios incluidos presentan diferencias metodológicas importantes y que los datos reportados muchas veces no son suficientemente claros para permitir una evaluación de riesgo de cáncer de pulmón por

ocupaciones y contaminantes. Así mismo, los estudios primarios generalmente no consideran factores, como, por ejemplo, tabaquismo, edad, condiciones socioeconómicas, género y duración de la exposición, discriminado por industria. La mayoría de los estudios lo hacen de una manera general, lo que podría haber limitado la generalización de los resultados del metaanálisis.

Además, algunos estudios primarios utilizaron poblaciones de control que podrían tener otras enfermedades, y otros estudios utilizan datos derivados de recordatorio de eventos con 10 años o más antes de la entrevista/cuestionario, lo que plantea el posible sesgo y clasificación errónea.

Otro aspecto que vale la pena mencionar, se relaciona con las posibles interferencias que pueden existir en los resultados cuando se comparan estudios en periodos tan distintos. En la presente revisión, se evidencia que, pese a que existen estudios desde la década de los 80. Se observa que los resultados y la evaluación de riesgo por cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción, ha variado a través de los años, lo cual sugiere que aún no se cuenta con un consenso a nivel científico sobre este tema de estudio. Lo anterior resalta la importancia de la síntesis que se presenta en esta investigación, como evidencia sólida que integra diferentes estudios primarios e indica lagunas científicas para futuros estudios.

Es evidente que hace falta incluir muchos aspectos en estudios primarios futuros para poder responder definitivamente la pregunta de investigación. Se requiere explorar las principales ocupaciones de esta industria y su exposición prospectiva a sustancias químicas, con el fin de poder determinar el riesgo entre ocupaciones y por contaminantes. Este estudio reitera la dificultad de evaluar con precisión la exposición real a contaminantes químicos y evaluar el riesgo entre todas las ocupaciones de la industria. En consecuencia, los estudios primarios futuros deben analizar la relación entre ocupación y exposición a contaminantes específicos que den lugar a un incremento en el riesgo de cáncer de pulmón, de manera a permitir el desarrollo de estrategias que minimicen enfermedades respiratorias entre los trabajadores de la

construcción, incluido el cáncer de pulmón. Eso evidencia que esta es una brecha importante en el conocimiento disponible sobre el riesgo de cáncer de pulmón en la construcción.

El presente estudio también tiene algunas limitaciones que son inherente a este tipo de estudio. Los métodos utilizados y la clasificación de la exposición variaron entre los estudios primarios. Los métodos utilizados para cuantificar las exposiciones a contaminantes químicos en la industria de la construcción civil fueron variados entre los estudios, tal como se presenta en la Tabla 4. El diagnóstico de cáncer de pulmón utilizó diferentes criterios (certificado médico, información tomada del certificado de defunción o registros nacionales). Algunos estudios utilizaron poblaciones de control de otro tipo de industrias que, por su actividad propia, tienen un riesgo significativamente elevado de cáncer de pulmón, lo que posiblemente disminuye el riesgo, en comparación con la industria de la construcción civil. Es importante destacar la heterogeneidad entre los artículos a la hora de reflejar el resultado de riesgo de cáncer de pulmón, con bastantes diferencias en cuanto a ocupación, sustancia contaminante, tipo de cáncer de pulmón, duración de la exposición, entre otros. No todos los trabajos presentes en la literatura estudian los mismos oficios, tipos de cáncer, o sustancias contaminantes.

Finalmente, algunos estudios excluyeron participantes menores de edad o mayor de 60 años, por considerar que a esa edad no laboran en la industria y se limitaron en su mayoría a sexo masculino. Estas variaciones en la población de los estudios y diversos métodos utilizados podrían también explicar la sustancial heterogeneidad detectada. Es importante tener en cuenta que los factores de confusión inciden de forma relevante en el resultado esperado. Factores como fumar, estatus socioeconómico y trabajo en otras ocupaciones, pueden hacer que los resultados varíen sustancialmente. Los registros nacionales de cáncer también no recopilan datos detallados sobre el consumo de tabaco, como la magnitud o duración del consumo de tabaco. Otra limitación fue el bajo número de casos y numerosas clasificaciones laborales.

Conclusiones

La presente revisión sistemática recopiló y sintetizó los datos primarios disponibles actualmente y sugiere que los trabajadores de la construcción presentan un mayor riesgo de cáncer de pulmón (OR 1,23; IC 1,07 – 1,40; $Z=2,97$; $p = 0,003$), en comparación con los trabajadores de otros sectores que nunca ha laborado en esta industria. Albañiles (OR 1,77; IC 1,56 - 2,01; $Z=8,81$; $p<0,00001$), carpinteros (OR 1,31; IC 1,02 – 1,69; $Z=2,11$; $p=0,04$) y plomeros (OR 1,46; IC 1,09 – 1,95; $Z=2,51$; $p=0,01$) fueron los trabajadores identificados como de mayor riesgo en la construcción civil. Por otra parte, se evaluó el riesgo de cáncer de pulmón por contaminantes, específicamente para el asbesto, donde se observó un OR de 1,00 (0,43 – 2,32; $Z=0,00$ ($p=1,00$)). La mayoría de los estudios incluidos en la revisión sistemática no reportaron datos de riesgo de cáncer de pulmón discriminado por contaminante, lo que limitó el análisis para otros contaminantes.

La presente investigación tiene fuertes implicaciones para gobernantes, gerentes de construcción y trabajadores de seguridad y salud en el trabajo, como evidencia sólida en la afectación a la salud de los trabajadores de construcción. La información presentada servirá de insumo para políticas nacionales respecto a medidas de prevención y mitigación en ambientes laborales. De igual forma, la investigación tiene ciertas limitaciones, por ejemplo, los métodos utilizados y la clasificación de la exposición variaron entre los estudios primarios. Es importante destacar la heterogeneidad entre los artículos a la hora de reflejar el resultado de riesgo de cáncer de pulmón, con bastantes diferencias en cuanto a ocupación, sustancia contaminante, tipo de cáncer de pulmón, duración de la exposición, entre otros. No todos los trabajos estudian los mismos oficios, tipos de cáncer, o sustancias contaminantes.

Por lo tanto, nuevos estudios primarios con enfoque en la exposición a contaminantes específicos en las diferentes ocupaciones de la construcción son necesarios para permitir una

evaluación más completa y el desarrollo de estrategias eficaces de prevención y mitigar el impacto a la salud de los trabajadores. Además, futuros estudios deben enfocarse en recolectar y reportar información sobre factores de confusión como el tabaquismo, para permitir un análisis más preciso con respecto a los patrones de la enfermedad del cáncer de pulmón en la población.

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados de este estudio, se recomienda:

- Para futuros estudios primarios, se recomienda usar definiciones de casos y controles estandarizados para evaluar el riesgo de cáncer de pulmón en la industria de la construcción civil, adoptando de igual forma, herramientas de medición estandarizadas y protocolos de estudio para permitir comparaciones entre estudios. También se recomienda que los estudios primarios al futuro realicen una caracterización más detallada de los tipos de contaminantes químicos asociados a cada ocupación de la construcción, con el fin de desarrollar programas para prevenir enfermedades ocupacionales.
- Para gerentes de construcción, trabajadores de seguridad y salud en el trabajo, y formuladores de políticas públicas, se recomienda el desarrollo de una base de datos de vigilancia para monitorear el estado de salud de los trabajadores de la construcción de manera continua. También se recomienda proyectos de sensibilización a los trabajadores sobre la importancia de las prácticas laborales seguras, el uso obligatorio de equipos de protección personal y datos de riesgo de materiales en todos los sitios de trabajo.
- Para futuras revisiones sistemáticas y metaanálisis se recomienda realizar un análisis de sensibilidad y considerar calcular el riesgo ajustado por factores socioeconómicos, edad, educación y hábitos de fumar.

Referencias

- Agudelo Acevedo, H., Vásquez Hernández, A., & Ramírez Cardona, D. A. (2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15, 105–118.
- Andrade, C. (2015). Understanding Relative Risk , Odds Ratio , and Related Terms : As Simple as It Can Get, 76(July), 857–861.
- Arndt, V., Rothenbacher, D., Daniel, U., Zschenderlein, B., Schuberth, S., & Brenner, H. (2004). All-cause and cause specific mortality in a cohort of 20 000 construction workers; results from a 10 year follow up. *Occupational and Environmental Medicine*.
<https://doi.org/10.1136/oem.2003.008680>
- Bakke, B., Ulvestad, B., Stewart, P., & Eduard, W. (2004). Cumulative exposure to dust and gases as determinants of lung function decline in tunnel construction workers, 262–269.
<https://doi.org/10.1136/oem.2003.008409>
- Beltrán G, Ó. A. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura. *Revista Colombiana de Gastroenterología*, 60–69.
- Boffetta, P., Burstyn, I., Partanen, T., Kromhout, H., Jarvholm, B., Frentzel-beyme, R., ... Ferro, G. (2003). Cancer Mortality Among European Asphalt Workers : An International Epidemiological Study . II . Exposure to Bitumen Fume and Other Agents. *American Journal of Industrial Medicine*, 28–39. <https://doi.org/10.1002/ajim.10182>.
- Borup, H., Kirkeskov, L., Hanskov, D. J. A., & Brauer, C. (2018). Systematic review : chronic obstructive pulmonary disease and construction workers. *Occupational Medicine*, 199–204.
<https://doi.org/10.1093/occmed/kqx007>
- Boschman, J. S., Molen, Ñ. H. F. Van Der, Sluiter, J. K., & Frings-dresen, M. H. W. (2011). Occupational Demands and Health Effects for Bricklayers and Construction Supervisors : A

- Systematic Review, 77(September 2010), 55–77. <https://doi.org/10.1002/ajim.20899>.
- Boschman, J. S., Van der Molen, H. F., Sluiter, J. K., & Frings-dresen, M. H. W. (2011). Occupational Demands and Health Effects for Bricklayers and Construction Supervisors : A Systematic Review. *American Journal of Industrial Medicine*, 54, 55–77. <https://doi.org/10.1002/ajim.20899>.
- Bruske-hohlfeld, I., Mohner, M., Pohlabein, H., Ahrens, W., & Bolm-audorff, U. (2000). Occupational Lung Cancer Risk for Men in Germany : Results from a Pooled Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology*, 151(4), 384–395.
- Buiatti, E. V. A., D, A. N. G. M., & Fraumeni, J. F. (1982). Occupation and the High Risk of Lung Cancer in Northeast Florida. *American Cancer Society*, 364–371.
- Burns, P. B., & Swanson, G. M. (1991). Study (OCISS): Risk of Lung Cancer by Usual Occupation and Industry in the Detroit Metropolitan Area. *American Journal of Industrial Medicine*, 19, 655–671.
- Calvert, G. M., Luckhaupt, S., Lee, S., Cress, R., Schumacher, P., Shen, R., ... Deapen, D. (2012). Lung Cancer Risk Among Construction Workers in California , 1988 – 2007. *American Journal of Industrial Medicine*, 412–422. <https://doi.org/10.1002/ajim.22010>.
- Camacho Fernandez, R. (2012). *Origen y características de las partículas finas y ultrafinas en el aire ambiente de Huelva*.
- CAMACOL ATLÁNTICO. (2019). Informe de actividad edificadora. *Departamento de Estudios Económicos*, 19.
- Cáncer, O. N. de. (2018). *Guía Metodológica*.
- Celsi, F. (2019). Pleural mesothelioma and lung cancer : the role of asbestos exposure and genetic variants in selected iron metabolism and inflammation genes. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 00(00), 1–15.

<https://doi.org/10.1080/15287394.2019.1694612>

Cohen, S. S., Sadoff, M. M., Jiang, X., Fryzek, J. P., & Garabrant, D. H. (2014). A review and meta-analysis of cancer risks in relation to Portland cement exposure, 1–7.

<https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102193>

Consonni, D., De Matteis, S., Pesatori, A. C., Cattaneo, A., Cavallo, D. M., Lubin, J. H., ...

Landi, M. T. (2012). Increased Lung Cancer Risk Among Bricklayers in an Italian Population-Based Case – Control Study. *American Journal of Industrial Medicine*, 423–428. <https://doi.org/10.1002/ajim.22017>.

Consonni, D., Matteis, S. De, Lubin, J. H., Wacholder, S., Tucker, M., Pesatori, C., ... Landi, M.

T. (2010). Original Contribution Lung Cancer and Occupation in a Population-based Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology*, 171(3), 323–333.

<https://doi.org/10.1093/aje/kwp391>

Consonni, D., Matteis, S. De, Pesatori, A. C., Bertazzi, P. A., Olsson, A. C., Kromhout, H., ...

Br, T. (2015). of case – control studies. *International Journal of Cancer*, 136, 360–371.

<https://doi.org/10.1002/ijc.28986>

DANE. (2019). Boletín Técnico Producto Interno Bruto (PIB) III Trimestre de 2019, 1–44.

DANE. (2020). Boletín Técnico Principales indicadores del mercado laboral Diciembre de 2019, 1–33.

De Stefani, E., Kogevinas, M., Boffetta, P., Ronco, A., Mendilaharsu, M., Sfefani, E. De, ...

Mendilaharsu, M. (1996). Occupation and the risk of lung cancer in Uruguay Occupation and . the risk of lung cancer in Uruguay. *Scandinavian Journal Work Enviromental Health*, 22(5), 346–352. <https://doi.org/10.5271/sjweh.152>

Dement, J. M., Ringen, K., Hines, S., Cranford, K., & Quinn, P. (2020). Lung cancer mortality among construction workers : implications for early detection. *Occupational Enviromental*

- Medicine*, 207–213. <https://doi.org/10.1136/oemed-2019-106196>
- Dement, J., Welch, L., Haile, E., & Myers, D. (2009). Mortality Among Sheet Metal Workers Participating in a Medical Screening Program. *American Journal of Industrial Medicine*, 52, 603–613. <https://doi.org/10.1002/ajim.20725>.
- Dong, W., Vaughan, P., Sullivan, K., & Fletcher, T. (1995). Mortality Study of Construction Workers in the UK. *International Journal of Epidemiology*, 24(4), 750–757.
- El Morabet, R., Lab, L., Center, C., FLSH-M, & Casablanca, H. I. U. of. (2018). Effects of Outdoor Air Pollution on Human Health. *Encyclopedia of Enviromental Health*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11012-7>
- Engholm, G., Englund, A., & Hallin, N. (1987). Respiratory cancer incidence in swedish construction workers exposed to man-made mineral fibres and asbestos. *British Occupational Hygiene Society*, 31, 663–675.
- Englund, A. (2012). Cancer risks among construction workers Rischio di cancro tra i lavoratori edili. *European Journal Oncology*, 17, 5–9.
- Espinosa Restrepo, M. T., Rojas Hurtado, M. P., Bernal Camacho, M. L., Araque García, Á., Vélez Osorio, M., & López Camargo, J. M. (2006). *Manual de agentes carcinógenos de los grupos 1 y 2A de la IARC, de interés ocupacional para Colombia. Ministerio de Protección Social*.
- Falagán Rojo, M. J., Alonso, A. C., Ferrer Piñol, P., & Fernández Quintana, J. M. (2000). *MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía* (Primera Ed). Sociendad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.
- Falcon Rodriguez, C. I., Osornio Vargas, A. R., Sada Ovalle, I., & Segura Medina, P. (2016). Aeroparticles , Composition , and. *Frontiers in Immunology*, 7(3).

<https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00003>

Fernández, M. D., Quintana, S., Chavarría, N., & Ballesteros, J. A. (2009). Noise exposure of workers of the construction sector. *Applied Acoustics*, 70, 753–760.

<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.07.014>

Ferreira González, I., Urrútia, G., & Coello, P. A. (2019). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española Cardiología*, 64(8), 688–696.

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029>

Ferreira, I., Urrutia, G., & Coello, P. A. (2019). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: Bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688–696.

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029>

Finkelstein, M. M., & Verma, D. K. (2005). Mortality Among Ontario Members of The International Union of Bricklayers and Allied Craftworkers. *American Journal of Industrial Medicine*, 47, 4–9. <https://doi.org/10.1002/ajim.20116>.

Font, A., Baker, T., Mudway, I. S., Purdie, E., Dunster, C., & Fuller, G. W. (2014). Degradation in urban air quality from construction activity and increased traffic arising from a road widening scheme. *Science of the Total Environment*, 123–132.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.060>

Garshick, E., & Hart, J. E. (2020). DIESEL EXHAUST AND LUNG. In *Environmental Toxicants: Human Exposures and Their Health Effects, Fourth Edition* (pp. 515–533).

Ge, C., Peters, S., Olsson, A., Portengen, L., Schuz, J., & Almansa, J. (2020). Diesel Engine Exhaust Exposure, Smoking, and Lung Cancer Subtype Risks: A Pooled Exposure-response Analysis of 14 Case–control Studies. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. <https://doi.org/10.1164/rccm.201911-2101OC>

Gridelli, C., Rossi, A., Carbone, D. P., Guarize, J., Karachaliou, N., Mok, T., ... Rosell, R.

- (2015). Non-small-cell lung cancer. *Nature Reviews*, *1*, 1–16.
<https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.9>
- Gualtieri, A. F. (2020). Naturally Occurring Asbestos : A Global Health Concern? State of the Art and Open Issues. *The Geological Society of America*, *XXVI*(1), 3–8.
- Guha, N., Merletti, F., Steenland, N. K., Altieri, A., Coglian, V., & Straif, K. (2010). Lung cancer risk in painters: A Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, *118*(3), 303–312. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901402>
- Guida, F., PharmD, Papadopoulos, A., Menvielle, G., Matrat, M., & Fevotte, J. (2011). Risk of Lung Cancer and Occupational History. *Journal of Occupational and Environmental*, *53*(9), 1068–1077. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e318229ab2e>
- Guo, C., Zhang, Z., Lau, A. K. H., Lin, C. Q., Chuang, Y. C., Chan, J., ... Yeoh, E. (2018). Articles Effect of long-term exposure to fine particulate matter on lung function decline and risk of chronic obstructive pulmonary disease in Taiwan : a longitudinal , cohort study. *The Lancet Planetary Health*, *2*, e114–e125. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30028-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30028-7)
- Gustavsson, P., Jakobsson, R., Nyberg, F., Pershagen, G., & Järup, L. (2000). Occupational Exposure and Lung Cancer Risk: A Population-based Case- Referent Study in Sweden. *American Journal of Epidemiology*, *152*(1), 32–40.
- Hall, N. E. L., & Rosenman, K. D. (1991). Cancer by Industry : Analysis of a Population-Based Cancer Registry With an Emphasis on Blue-Collar Workers. *American Journal of Industrial Medicine*, *19*, 145–159.
- Hardt, J. S., Vermeulen, R., Peters, S., Kromhout, H., McLaughlin, J. R., & Demers, P. A. (2014). A comparison of exposure assessment approaches : lung cancer and occupational asbestos exposure in a population-based case – control study. *Occupational and Environmental Medicine*, *71*, 282–288. <https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101735>

- Herbst, R. S., Morgensztern, D., & Boshoff, C. (2018). Review The biology and management of non-small cell lung cancer. *Nature Publishing Group*, 553, 446–454.
<https://doi.org/10.1038/nature25183>
- Higgins, J., & Green, S. (2011). *Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones*. (Julian PT Higgins y Sally Green, Ed.).
- Ibarra Fernández de la Vega, E. J. (2017). Toxicología en salud ocupacional. *Temas de Salud Ocupacional*, 64–149.
- Inamura, K. (2017). Lung Cancer : Understanding its Molecular Pathology and the 2015 WHO Classification. *Froontiers in Oncology*, 7, 1–22. <https://doi.org/10.3389/fonc.2017.00193>
- Jarvholm, B, & Silverman, D. (2003). Lung cancer in heavy equipment operators and truck drivers with diesel exhaust exposure in the construction industry. *Occupational Enviromental Medicine*, 60, 516–520.
- Jarvholm, Bengt. (2006). Carcinogens in the Construction. *New York Academy of Sciences*, 421–428. <https://doi.org/10.1196/annals.1371.055>
- Jarvholm, Bengt. (2014). The Risk of Lung Cancer After Cessation of Asbestos Exposure in Construction Workers Using Pleural Malignant Mesothelioma as a Marker of Exposure, 1297–1301. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000258>
- Jarvholm, Bengt, & Englund, A. (2014). The Impact of Asbestos Exposure in Swedish Construction Workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 57, 49–55.
<https://doi.org/10.1002/ajim.22264>.
- Jarvholm, Bengt, & Sandén, A. (1998). Lung cancer and mesothelioma in the pleura and peritoneum among Swedish insulation workers. *Occupational Enviromental Medicine*, 55, 766–770.
- Jayakrishnan, T., Thomas, B., Rao, B., & George, B. (2013). Occupational health problems of

- construction workers in India. *International Journal of Medicine and Public Health*, 3(4), 225–229. <https://doi.org/10.4103/2230-8598.123415>
- Jesson, J. K., Matheson, L., & Lacey, F. M. (2011). *Doing Your Literature Review - Traditional and Systematic Tehniques*.
- Jockel, K., Ahrens, W., Jahn, I., & Bolm-audorff, U. (1998). Occupational risk factors for lung cancer : a case-control study in West Germany. *International Journal of Epidemiology*, 27, 549–560.
- Keil, A., Richardson, D., Westreich, D., & Steenland, K. (2018). Estimating the impact of changes to occupational standars for silica exposure on lung cancer mortality. *Epidemiology*. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000867>
- Keller, J. E., & Howe, H. L. (1993). Cancer in Illinois Construction Workers : A Study. *American Journal of Industrial Medicine*, 24, 223–230.
- Kiconco, A., Ruhinda, N., Halage, A. A., Watya, S., Bazeyo, W., Ssempebwa, J. C., & Byonanebye, J. (2019). Determinants of occupational injuries among building construction workers in Kampala City , Uganda. *BMC Public Health*, 19, 1–11.
- Kim, K., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*.
- Knutsson, A., Damber, L., & Järholm, B. (2000). Cancers in concrete workers : results of a cohort study of 33 668 workers. *Occupational and Environmental Medicine*, 57, 264–267.
- Koskinen, K., Pukkala, E., Martikainen, R., Reijula, K., & Karjalainen, A. (2000). Different Measures of Asbestos Exposure in. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 44(12), 1190–1196. <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000044129.59147.6e>

- Lacourt, A., Pintos, J., Lavoué, J., Richardson, L., & Siemiatycki, J. (2015a). Lung cancer risk among workers in the construction industry : results from two case – control studies in Montreal. *BMC Public Health*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2237-9>
- Lacourt, A., Pintos, J., Lavoué, J., Richardson, L., & Siemiatycki, J. (2015b). Lung cancer risk among workers in the construction industry: results from two case – control studies in Montreal. *BMC Public Health*, 15, 941–952. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2237-9>
- Lo, C. K., Mertz, D., & Loeb, M. (2014). Newcastle-Ottawa Scale : comparing reviewers ' to authors ' assessments. *BMC Medical Research Methodology*, 14(1), 1–5. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-45>
- Loane, C., Pilinis, C., Lekkas, T. D., & Politis, M. (2013). Ambient particulate matter and its potential neurological consequences. *Reviews in the Neurosciences*, 24(3), 323–335. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2013-0001>
- Lyszczarz, B., & Nojszewska, E. (2018). ECONOMIC SITUATION AND OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN POLAND : 2002 – 2014 PANEL DATA REGIONAL STUDY. *International Journal of Occupational Medicine and Enviromental Health*, 31(2), 151–164. <https://doi.org/https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01093>
- McClean, D., Glass, B., Mannetje, A., & Douwes, J. (2017). Exposure to respirable crystalline silica in the construction industry - do we have a problem ? *New Zeland Medical Journal*, 130, 78–82.
- Merlo, F., Costantini, M., Reggiardo, G., Ceppi, M., & Puntoni, R. (1991). Lung Cancer risk among refractory brick workers exposed to crystalline silica: A retrospective cohort study. *Epidemiology Resources*, 2(4), 299–305.
- Milne, K. L., Sandler, D. P., & Everson, R. B. (1983). Lung Cancer and Occupation in Alameda County : A Death Certificate Case-Control Study. *American Journal of Industrial Medicine*,

4, 565–575.

Ministerio de la protección social. (2008). *Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Cáncer de Pulmón relacionado con el Trabajo (GATISO - CAP)*.

MinTrabajo. Decreto 1477 de 2014 (2014).

Moghadam, S. R., Abedi, S., Afshari, M., & Abedini, E. (2017). Decline in lung function among cement production workers : a meta-analysis. *Reviews on Enviromental Health*.

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Gherzi, D., Liberati, A., & Petticrew, M. (2016). Revista Española de Nutrición Humana y Dietética d, (December). <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>

Molina, J., Yang, P., Cassivi, S. D., Schild, S. E., & Adjei, A. A. (2008). Non–Small Cell Lung Cancer: Epidemiology, Risk Factors, Treatment, and Survivorship. *Mayo Clinical Proceedings*, 83(5), 584–594. <https://doi.org/10.4065/83.5.584>

Moller Fell, A. K., & Nordby, K. C. (2017). Association between exposure in the cement production industry and non-malignant respiratory effects: a systematic review. *BMJ Open*, 7. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012381>

Morabia, A., Markowitz, S., Garibaldi, K., & Wynder, E. L. (1992). Lung cancer and occupation : results of a multicentre case-control study. *Brithish Journal of Industrial Medicine*, 49, 721–727.

Morgan, R. L., Whaley, P., Thayer, K. A., & Schünemann, H. J. (2018). Identifying the PECO : A framework for formulating good questions to explore the association of environmental and other exposures with health outcomes. *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.015>

Muñoz, B., & Albores, A. (2011). Occupational toxicology in Mexico : current status and the

- potential use of molecular studies to evaluate chemical exposure. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 21(9), 637–648. <https://doi.org/10.3109/15376516.2011.599885>
- Nalysnyk, L., Cid Ruzafa, J., Rotella, P., & Esser, D. (2012). Incidence and prevalence of idiopathic pulmanary fibrosis : review of the literature. *European Respiratory Society*, 21(126), 355–361. <https://doi.org/10.1183/09059180.00002512>
- Nij, T., & Heederik, D. (2005). Risk assesment of silicosis and lung cancer among construction workers exposed to respirable quartz. *Scandinavian Journal Work Enviromental Health*, 31(2), 49–56.
- Nordby, K., Notø, H., Eduard, W., Skogstad, M., Fell, A. K., Thomassen, Y., ... Kjuus, H. (2016). Thoracic dust exposure is associates with lung function decline in cement production workers. *Occupational Lung Disease*, 48, 331–339. <https://doi.org/10.1183/13993003.02061-2015>
- Normohammadi, M., Kakooei, H., Omidi, L., Yari, S., & Alimi, R. (2016). Risk Assessment of Exposure to Silica Dust in Building Demolition Sites. *Safety and Health at Work*. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2015.12.006>
- Okorodudu, A. (2016). 6 th European Pathology Congress, 6(3), 4172.
- Ortega Herrera, J. (2004). *Contaminantes químicos en la construcción*. (Junta de Castilla y León, Ed.).
- Ortega Salazar, C. M. (2017). *Exposición ocupacional a contaminación atmosférica de material particulado y enfermedades respiratorias laborales en trabajadores del sector de la construcción de edificaciones en Colombia*. Universidad CES.
- Pardo, C., Vries, E. D. E., Buitrago, L., & Gamboa, Ó. (2017). *Atlas de mortalidad por cáncer en Colombia Cuarta edición*. Instituto Nacional de Cancerología - SE Colombia.
- Partanen, Tim, & Boffetta, P. (1994). Cancer Risk in Asphalt Workers and Roofers : Review and

- Meta-Analysis of Epidemiologic Studies. *American Journal of Industrial Medicine*, 26, 721–740.
- Partanen, Timo, Virtanen, S. V., Pukkala, E., & Ylo, P. (2003). Mortality and Cancer Incidence of Workers in Finnish Road Paving Companies. *American Journal of Industri*, 43, 49–57. <https://doi.org/10.1002/ajim.10161>.
- Peralta, C. I., & Taype-rondan, A. (2019). Aspectos básicos sobre la lectura de revisiones sistemáticas y la interpretación de meta-análisis. *Acta Médica Peruana*, 36(2), 157–169.
- Pollard, K. M., & Pollard, K. M. (2016). Silica, Silicosis, and Autoimmunity. *Frontiers in Immunology*, 7(97). <https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00097>
- PROSPERO. (2011). International prospective register of systematic reviews Registering a review on PROSPERO What does registration on PROSPERO involve ? Inclusion criteria When to register your review PROSPERO International prospective register of systematic reviews Regist, 1–12.
- Robinson, C. F. (1999). Mortality Patterns Among Electrical Workers Employed in the U . S . Construction Industry , 1982 ± 1987, 637, 630–637.
- Robles Rodriguez, J., & Velazquez García, L. (2013). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32529942011>.
- Ruggirello, H. M. (2011). El Sector de la Construcción en perspectiva Internacionalización e impacto en el mercado de trabajo. *Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales*.
- Sandanayake, M., Zhang, G., Setunge, S., Li, C. Q., & Fang, J. (2016). Models and method for estimation and comparison of direct emissions in building construction in Australia and a case study. *Energy and Buildings*, 126, 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.007>
- Sauni, R., Oksa, P., Vattulainen, K., Uitti, J., Palmroos, P., & Roto, P. (2001). The effects of

- asthma on the quality of life and employment of construction workers. *Occupational Medicine*, 51(3), 163–167.
- Siemiatycki, J., Dewar, R., & Lakhani, R. (1989). Cancer Risks Associated With 10 Inorganic Dusts : Results From a Case-Control Study in Montreal, 567, 547–567.
- Siew, S. S., Kauppinen, T., Kyyronen, P., & Pukkala, E. (2012). Occupational exposure to wood dust and formaldehyde and risk of nasal , nasopharyngeal , and lung cancer among Finnish men. *Cancer Management and Research*, 4, 223–232.
- Stern, F., & Haring-sweeney, M. (1997). Proportionate Mortality Among Unionized Construction Operating Engineers, 65, 51–65.
- Stern, F., Schulte, P., Sweeney, M. H., Fingerhut, M., Vossenas, P., & Burkhardt, G. (1995). Proportionate Mortality Among Construction Laborers. *American Journal of Industrial Medicine*, 27, 485–509.
- Sun, J., Kubota, H., Nisanaga, N., Shibata, E., Kamijima, M., & Nakamura, K. (2002). Mortality among Japanese construction workers in Mie Prefecture. *Occupational and Environmental Medicine*, 59, 512–516. <https://doi.org/10.1136/oem.59.8.512>
- Tavakol, E., Azari, M., Zendehdel, R., Salehpour, S., Khodakrim, S., Nikoo, S., & Saranjam, B. (2017). Risk Evaluation of Construction Workers' Exposure to Silica Dust and the Possible Lung Function Impairments. *Tanaffos*, 16(4), 295–303.
- Taylor, P., Brocato, J., Sun, H., Shamy, M., Kluz, T., Alghamdi, M. A., ... Costa, M. (2014). Journal of Toxicology and Environmental Health , Part A : Current Issues Particulate Matter From Saudi Arabia Induces Genes Involved in Inflammation , Metabolic Syndrome and Atherosclerosis. *Journal of Toxicology Nd Enviromental Health, Part A: Current Issues*, 77(13), 751–766. <https://doi.org/10.1080/15287394.2014.892446>
- Taylor, P., Wang, E., Wang, E., Dement, J. M., & Lipscomb, H. (2010). Mortality Among North

- Carolina Construction Workers , 1988-1994 Workers , 1988 – 1994. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 14(1), 45–58. <https://doi.org/10.1080/104732299303412>
- Thienen, G. Van, & Spee, T. (2008). Health Effects of construction materials and construction products. *TTA Brochure NRI*, 22.
- Thuret, A., Geoffroy-Perez, B., Luce, D., Goldberg, M., & Imbernon, E. (2007). A Mortality Study of French Construction Workers A 26-Year Cohort Mortality Study of French Construction Workers Aged 20 to 64 Years. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 49, 546–556. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3180577714>
- Tong, R., Cheng, M., Zhang, L., Liu, M., Yang, X., Li, X., & Yin, W. (2018). The construction dust-induced occupational health risk using Monte-Carlo simulation. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.286>
- Torén, K., & Järvholm, B. (2014). Effect of occupational exposure to vapors, gases, dusts, and fumes on copd mortality risk among swedish construction workers. *Chest*. <https://doi.org/10.1378/chest.13-1429>
- Umer, W. (2018). The prevalence of musculoskeletal symptoms in the construction industry : a systematic review and meta - analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 91(2), 125–144. <https://doi.org/10.1007/s00420-017-1273-4>
- Vimercati, L., Cavone, D., Caputi, A., Delfino, M. C., Maria, L. De, Ferri, G. M., & Serio, G. (2019). Malignant mesothelioma in construction workers : the Apulia regional mesothelioma register , Southern Italy. *BMC Research Notes*, 12, 636–643. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4675-4>
- Wang, B. Z., Zhu, Z. H., Yang, E., Chen, Z., & Wang, X. H. (2018). Assessment and management of air emissions and environmental impacts from the construction industry. *Journal of Environmental Planning and Management*.

<https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1399110>

Wang, N., Mengersen, K., Kimlin, M., Zhou, M., Tong, S., Fang, L., ... Hu, W. (2018). Lung cancer and particulate pollution : A critical review of spatial and temporal analysis evidence. *Environmental Research*, 164, 585–596.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.034>

Wang, Q., Parkin, D. M., & Kogevinas, M. (1995). Occupational Risk Factors for Lung Cancer in. *American Journal of Industrial Medicine*, 28, 353–362.

Welch, L., Dement, J., & West, G. (2015). Mortality Among Sheet Metal Workers Participating in a Respiratory Screening Program. *American Journal of Industrial Medicine*, 58, 378–391. <https://doi.org/10.1002/ajim.22421>.

Wiensch-filho, V., Moncau, J. E., Mirabelli, D., & Boffetta, P. (1998). Occupational risk factors of lung cancer in São Paulo , Brazil Occupational risk factors of lung cancer in S l o Paulo , Brazil. *Scandinavian Journal Work Enviromental Health*, 24(2), 118–124.

<https://doi.org/10.5271/sjweh.288>

Wong, J., & Wood, L. J. (2016). Lung inflammation caused by inhaled toxicants : a review. *Internatioanl Journal of COPD*, 1391–1401.

Wong, O., Morgan, R. W., Kheifets, L., Larson, S. R., & Whorton, M. D. (1985). Mortality among members of a heavy construction equipment operators union with potential exposure to diesel exhaust emissions. *Enviromental Health Associates Inc*, 435–448.

<https://doi.org/10.1136/oem.42.7.435>

Wood, R. D. (2017). Center for the Polyurethanes Industry Summary of Unpublished Industrial Hygiene Studies Related to the Evaluation of Emissions of Spray Polyurethane Foam Insulation. *Journal of Occupational and Enviromental Hygiene*.

<https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1320562>

World Health Organization. (2018). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*.

Wu, Z., Zhang, X., & Wu, M. (2016). Mitigating construction dust pollution: State of the art and the way forward. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1658–1666.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.015>

Zahm, S. H., Brownson, R. C., Chang, J. C., & Davis, J. R. (1989). Study of Lung Cancer Histologic Types , Occupation , and Smoking in Missouri. *American Journal of Industrial Medicine*, 15, 565–578.

Material Complementario O Anexos**Anexo 1. Estrategia de búsqueda**

BASE DE DATOS:		PUBMED
FECHA:		13 de abril de 2020
Nº Búsqueda	Parámetro de búsqueda	Resultados
#1	Search: "construction workers"	1649
#2	Search: bricklayers	165
#3	Search: painters	4240
#4	Search: carpenters	16299
#5	Search: welders	1772
#6	Search: electricians	355
#7	Search: plumbers	147
#8	Search: scaffolders	98046
#9	Search: roofers	109
#10	Search: "mason workers"	1301
#11	Search: "sheet metal workers"	70
#12	Search: "rebar workers"	3
#13	Search: "machine operators"	359
#14	Search: "drywall installers"	13
#15	Search: "insulation workers"	92
#16	Search: "white collar workers"	789
#17	Search: "construction industry"	2328
#18	Search: "construction material"	326
#19	Search: "construction site"	330
#20	Search: "construction emission"	7658
#21	Search: "construction dust"	61
#22	Search: "construction activity"	73
#23	Search: "particulate matter"	27244
#24	Search: "chemicals pollutants"	183409
#26	Search: "lung cancer"	157984
#27	Search: "lung function decline"	993
#28	Search: "lung carcinoma"	69927
#29	Search: "pleural mesothelioma"	4986
#30	Search: "lung adenocarcinoma"	14464
#31	Search: "pulmonary neoplasm"	314
#32	Search: "pulmonary cancer"	1126
#33	Search: "small cell lung cancer"	64662

#34	Search: (((((((((((("construction workers") OR (bricklayers)) OR (painters)) OR (carpenters)) OR (welders)) OR (electricians)) OR (plumbers)) OR (scaffolders)) OR (roofers)) OR ("mason workers")) OR ("sheet metal workers")) OR ("rebar workers")) OR ("machine operators")) OR ("drywall installers")) OR ("insulation workers")) OR ("white collar workers"))	124617
#35	Search: (((((((("construction industry") OR ("construction material")) OR ("construction site")) OR ("construction emission")) OR ("construction dust")) OR ("construction activity")) OR ("particulate matter")) OR ("chemicals pollutants"))	212962
#36	Search: (((((((("lung cancer") OR ("lung function decline")) OR ("lung carcinoma")) OR ("pleural mesothelioma")) OR ("lung adenocarcinoma")) OR ("pulmonary neoplasm")) OR ("pulmonary cancer")) OR ("small cell lung cancer"))	189127
#37	Search: (((((((((((((((("construction workers") OR (bricklayers)) OR (painters)) OR (carpenters)) OR (welders)) OR (electricians)) OR (plumbers)) OR (scaffolders)) OR (roofers)) OR ("mason workers")) OR ("sheet metal workers")) OR ("rebar workers")) OR ("machine operators")) OR ("drywall installers")) OR ("insulation workers")) OR ("white collar workers")) AND (((((((("construction industry") OR ("construction material")) OR ("construction site")) OR ("construction emission")) OR ("construction dust")) OR ("construction activity")) OR ("particulate matter")) OR ("chemicals pollutants")) AND (((((((("lung cancer") OR ("lung function decline")) OR ("lung carcinoma")) OR ("pleural mesothelioma")) OR ("lung adenocarcinoma")) OR ("pulmonary neoplasm")) OR ("pulmonary cancer")) OR ("small cell lung cancer"))	54
#38	Search: (((((((((((((((("construction workers") OR (bricklayers)) OR (painters)) OR (carpenters)) OR (welders)) OR (electricians)) OR (plumbers)) OR (scaffolders)) OR (roofers)) OR ("mason workers")) OR ("sheet metal workers")) OR ("rebar workers")) OR ("machine operators")) OR ("drywall installers")) OR ("insulation workers")) OR ("white collar workers")) AND (((((((("construction industry") OR ("construction material")) OR ("construction site")) OR ("construction emission")) OR ("construction dust")) OR ("construction activity")) OR ("particulate matter")) OR ("chemicals pollutants")) AND (((((((("lung cancer") OR ("lung function decline")) OR ("lung carcinoma")) OR ("pleural mesothelioma")) OR ("lung adenocarcinoma")) OR ("pulmonary neoplasm")) OR ("pulmonary cancer")) OR ("small cell lung cancer")) Filters: Humans	45

#39	<p>Search: ((((((((((((((“construction workers”) OR (bricklayers)) OR (painters)) OR (carpenters)) OR (welders)) OR (electricians)) OR (plumbers)) OR (scaffolders)) OR (roofers)) OR (“mason workers”) OR (“sheet metal workers”) OR (“rebar workers”) OR (“machine operators”) OR (“drywall installers”) OR (“insulation workers”) OR (“white collar workers”) AND (((((((“construction industry”) OR (“construction material”) OR (“construction site”) OR (“construction emission”) OR (“construction dust”) OR (“construction activity”) OR (“particulate matter”) OR (“chemicals pollutants”))) AND (((((((“lung cancer”) OR (“lung function decline”) OR (“lung carcinoma”) OR (“pleural mesothelioma”) OR (“lung adenocarcinoma”) OR (“pulmonary neoplasm”) OR (“pulmonary cancer”) OR (“small cell lung cancer”)) Filters: Humans, English</p>	42
#40	<p>Search: ((((((((((((((“construction workers”) OR (bricklayers)) OR (painters)) OR (carpenters)) OR (welders)) OR (electricians)) OR (plumbers)) OR (scaffolders)) OR (roofers)) OR (“mason workers”) OR (“sheet metal workers”) OR (“rebar workers”) OR (“machine operators”) OR (“drywall installers”) OR (“insulation workers”) OR (“white collar workers”) AND (((((((“construction industry”) OR (“construction material”) OR (“construction site”) OR (“construction emission”) OR (“construction dust”) OR (“construction activity”) OR (“particulate matter”) OR (“chemicals pollutants”))) AND (((((((“lung cancer”) OR (“lung function decline”) OR (“lung carcinoma”) OR (“pleural mesothelioma”) OR (“lung adenocarcinoma”) OR (“pulmonary neoplasm”) OR (“pulmonary cancer”) OR (“small cell lung cancer”)) Filters: Humans, English, Spanish</p>	42
Total		42

FECHA:	13 de abril de 2020	
Nº Búsqueda	Parámetro de búsqueda	Resultados
#1	TODOS LOS CAMPOS: ("construction workers")	1575
#2	TODOS LOS CAMPOS: (bricklayers)	114
#3	TODOS LOS CAMPOS: (painters)	4476
#4	TODOS LOS CAMPOS: (carpenters)	2007
#5	TODOS LOS CAMPOS: (welders)	938
#6	TODOS LOS CAMPOS: (electricians)	169
#7	TODOS LOS CAMPOS: (plumbers)	146
#8	TODOS LOS CAMPOS: (scaffolders)	31
#9	TODOS LOS CAMPOS: (roofers)	76
#10	TODOS LOS CAMPOS: ("mason workers")	0
#11	TODOS LOS CAMPOS: ("sheet metal workers")	25
#12	TODOS LOS CAMPOS: ("rebar workers")	22
#13	TODOS LOS CAMPOS: ("machine operators")	275
#14	TODOS LOS CAMPOS: ("drywall installers")	9
#15	TODOS LOS CAMPOS: ("insulation workers")	15
#16	TODOS LOS CAMPOS: ("white collar workers")	524
#17	TODOS LOS CAMPOS: ("construction industry")	7655
#18	TODOS LOS CAMPOS: ("construction material")	2111
#19	TODOS LOS CAMPOS: ("construction site")	1701
#20	TODOS LOS CAMPOS: ("construction emission")	4
#21	TODOS LOS CAMPOS: ("construction dust")	73
#22	TODOS LOS CAMPOS: ("construction activity")	278
#23	TODOS LOS CAMPOS: ("particulate matter")	35875
#24	TODOS LOS CAMPOS: ("chemicals pollutants")	6
#25	TODOS LOS CAMPOS: ("lung cancer")	173314
#26	TODOS LOS CAMPOS: ("lung function decline")	1275
#27	TODOS LOS CAMPOS: ("lung carcinoma")	10080
#28	TODOS LOS CAMPOS: ("pleural mesothelioma")	5170
#29	TODOS LOS CAMPOS: ("lung adenocarcinoma")	14903
#30	TODOS LOS CAMPOS: ("pulmonary neoplasm")	94
#31	TODOS LOS CAMPOS: ("pulmonary cancer")	143
#32	TODOS LOS CAMPOS: ("small cell lung cancer")	60064
#33	#16 OR #15 OR #14 OR #13 OR #12 OR #11 OR #10 OR #9 OR #8 OR #7 OR #6 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2 OR #1	10105
#34	#24 OR #23 OR #22 OR #21 OR #20 OR #19 OR #18 OR #17	47189
#35	#32 OR #31 OR #30 OR #29 OR #28 OR #27 OR #26 OR #25	192194
#36	#35 AND #34 AND #33	28
#37	#35 AND #34 AND #33 Refinado por: IDIOMAS: (ENGLISH)	28
Total		28

BASE DE	SCOPUS
DATOS:	
FECHA:	13 de abril de 2020

N° Búsqueda	Parámetro de búsqueda	Resultados
#1	ALL ("construction workers")	15913
#2	ALL (bricklayers)	961
#3	ALL (painters)	181718
#4	ALL (carpenters)	856961
#5	ALL (welders)	15153
#6	ALL (electricians)	3295
#7	ALL (plumbers)	2407
#8	ALL (scaffolders)	936
#9	ALL (roofers)	879
#10	ALL ("mason workers")	1
#11	ALL ("sheet metal workers")	434
#12	ALL ("rebar workers")	140
#13	ALL ("machine operators")	3672
#14	ALL ("drywall installers")	49
#15	ALL ("insulation workers")	1679
#16	ALL ("white collar workers")	6184
#17	ALL ("construction industry")	84569
#18	ALL ("construction material")	60157
#19	ALL ("construction site")	23502
#20	ALL ("construction emission")	97
#21	ALL ("construction dust")	256
#22	ALL ("construction activity")	771
#23	ALL ("particulate matter")	226585
#24	ALL ("chemicals pollutants")	11568
#25	ALL ("lung cancer")	808415
#26	ALL ("lung function decline")	8115
#27	ALL ("lung carcinoma")	179805
#28	ALL ("pleural mesothelioma")	23494
#29	ALL ("lung adenocarcinoma")	108454
#30	ALL ("pulmonary neoplasm")	4314
#31	ALL ("pulmonary cancer")	3176
#32	ALL ("small cell lung cancer")	384542
#33	(ALL ("construction workers")) OR (ALL (bricklayers)) OR (ALL (painters)) OR (ALL (carpenters)) OR (ALL (welders)) OR (ALL (electricians)) OR (ALL (plumbers)) OR (ALL (scaffolders)) OR (ALL (roofers)) OR (ALL ("mason workers")) OR (ALL ("sheet metal workers")) OR (ALL ("rebar workers")) OR (ALL ("machine operators")) OR (ALL ("drywall installers")) OR (ALL ("insulation workers")) OR (ALL ("white collar workers"))	1077437
#34	(ALL ("construction industry")) OR (ALL ("construction material")) OR (ALL ("construction site")) OR (ALL ("construction emission")) OR (ALL ("construction dust")) OR (ALL ("construction activity")) OR (ALL ("particulate matter")) OR (ALL ("chemicals pollutants"))	393504

#35	(ALL ("lung cancer")) OR (ALL ("lung function decline")) OR (ALL ("lung carcinoma")) OR (ALL ("pleural mesothelioma")) OR (ALL ("lung adenocarcinoma")) OR (ALL ("pulmonary neoplasm")) OR (ALL ("pulmonary cancer")) OR (ALL ("small cell lung cancer"))	929798
#36	((ALL ("construction workers")) OR (ALL (bricklayers)) OR (ALL (painters)) OR (ALL (carpenters)) OR (ALL (welders)) OR (ALL (electricians)) OR (ALL (plumbers)) OR (ALL (scaffolders)) OR (ALL (roofers)) OR (ALL ("mason workers")) OR (ALL ("sheet metal workers")) OR (ALL ("rebar workers")) OR (ALL ("machine operators")) OR (ALL ("drywall installers")) OR (ALL ("insulation workers")) OR (ALL ("white collar workers"))) AND ((ALL ("construction industry")) OR (ALL ("construction material")) OR (ALL ("construction site")) OR (ALL ("construction emission")) OR (ALL ("construction dust")) OR (ALL ("construction activity")) OR (ALL ("particulate matter")) OR (ALL ("chemicals pollutants"))) AND ((ALL ("lung cancer")) OR (ALL ("lung function decline")) OR (ALL ("lung carcinoma")) OR (ALL ("pleural mesothelioma")) OR (ALL ("lung adenocarcinoma")) OR (ALL ("pulmonary neoplasm")) OR (ALL ("pulmonary cancer")) OR (ALL ("small cell lung cancer"))))	1680
#37	((ALL ("construction workers")) OR (ALL (bricklayers)) OR (ALL (painters)) OR (ALL (carpenters)) OR (ALL (welders)) OR (ALL (electricians)) OR (ALL (plumbers)) OR (ALL (scaffolders)) OR (ALL (roofers)) OR (ALL ("mason workers")) OR (ALL ("sheet metal workers")) OR (ALL ("rebar workers")) OR (ALL ("machine operators")) OR (ALL ("drywall installers")) OR (ALL ("insulation workers")) OR (ALL ("white collar workers"))) AND ((ALL ("construction industry")) OR (ALL ("construction material")) OR (ALL ("construction site")) OR (ALL ("construction emission")) OR (ALL ("construction dust")) OR (ALL ("construction activity")) OR (ALL ("particulate matter")) OR (ALL ("chemicals pollutants"))) AND ((ALL ("lung cancer")) OR (ALL ("lung function decline")) OR (ALL ("lung carcinoma")) OR (ALL ("pleural mesothelioma")) OR (ALL ("lung adenocarcinoma")) OR (ALL ("pulmonary neoplasm")) OR (ALL ("pulmonary cancer")) OR (ALL ("small cell lung cancer")))) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish"))	1629
Total		1629

Anexo 2. Formato selección de artículos

FORMATO SELECCIÓN DE ARTÍCULOS POTENCIALMENTE RELEVANTES (2)		
1. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		
Autores: J E Keller 1, H L Howe		
Título: Cancer in Illinois Construction Workers: A Study		
Revista, año: Am J Ind Med, 1993		
2. NIVEL DE SELECCIÓN (marcar donde corresponde)	Título	<input type="checkbox"/>
	Resumen	<input type="checkbox"/>
	Texto completo	<input checked="" type="checkbox"/>
3. CRITERIOS DE SELECCIÓN		
Población	SI	NO
¿Los participantes son adultos?	X	
¿Son o han sido trabajadores de construcción (obreros, pintores, eléctricos, plomeros, soldadores, fontaneros, etc)?	X	
¿Presentan diagnóstico de cáncer de pulmón o evaluación del riesgo de cáncer de pulmón por diagnóstico médico,	X	
Exposición		
¿Los participantes han estado expuestos a contaminantes químicos (cemento, cuarzo, emisiones diesel, sílica, fibras minerales, pinturas, solventes, etc)?	X	
¿La exposición a los contaminantes químicos se dio en un sitio de construcción?	X	
¿El estudio evalúa exposición ocupacional y/o de riesgo con una entrevista profesional, matriz o con equipos de medición?	X	
Control		
¿El estudio cuenta con un grupo control?	X	
Resultados		
¿El estudio reporta datos para calcular odds ratios (OR), relative risks (RR) y 95% intervalos de confianza (CI) para cáncer de pulmón?	X	
Estudios		
¿el diseño experimental es mediante estudios de cohorte, estudios transversales, estudios de caso control, estudios descriptivos o artículos de revisión para la evaluación de riesgo?	X	
El estudio se incluye sólo en el caso de que TODAS las respuestas a las preguntas		
4. CALIFICACIÓN DEL ESTUDIO	Incluido	<input checked="" type="checkbox"/>
	Excluido	<input type="checkbox"/>
	Dudoso - a revisar	<input type="checkbox"/>
5. OBSERVACIONES		
Se evalúa el riesgo de cáncer de pulmón en comparación con otros cánceres en el sector de la construcción, pero no se especifica la exposición a contaminantes químicos.		
REVISOR: Rita Cahuana Pinto		FECHA REVISIÓN: 18 / 04 / 2020

Anexo 3. Estudios excluidos y motivos de exclusión

En este anexo se detallan todos los estudios potencialmente relevantes que fueron excluidos de la revisión sistemática y los motivos de su exclusión. Comprenden los estudios obtenidos y revisados a texto completo en la primera valoración, los obtenidos tras la búsqueda inversa en las referencias de los primeros y los sometidos a valoración crítica que no obtuvieron la puntuación establecida según los criterios de calidad metodológica. Para cada estudio se realiza una breve descripción del mismo, estableciéndose también el motivo de exclusión de acuerdo a:

A - No son participantes adultos – Tratarse de estudios con animales

B - No han sido trabajadores del sector de la construcción

C- El estudio no evalúa exposición ocupacional

D- El estudio no cuenta con un grupo de control

E- El estudio no evalúa riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores de la construcción ni arroja datos RR, OR y CI (95%).

F- Otros motivos. El estudio no tiene como objetivo principal la industria de la construcción.

ESTUDIOS EXCLUÍDOS POR CRITERIOS DE INCLUSIÓN/EXCLUSIÓN			
ID	REFERENCIA	MOTIVO DE EXCLUSIÓN	FUENTE
1	(Arndt et al., 2004)	E	SCOPUS
2	(Boffetta et al., 2003)	B, F	SCOPUS
3	(Englund, 2012)	B, C, D, E, F - El artículo es un estado del arte del cáncer en el sector de la construcción.	ISI

4	(Knutsson, Damber, & Järholm, 2000)	B, C, D, E, F - El estudio no evalúa riesgo de cáncer de pulmón por contaminantes químicos en sitios de construcción, hace estimaciones y concluye que el riesgo de cáncer de pulmón se debe a hábitos de fumar.	SCOPUS
5	(B Jarvholm & Silverman, 2003)	E	PUBMED
6	(Dement et al., 2020)	C, D, E - El estudio presenta tasas de mortalidad para evaluar a tiempo los posibles riesgos de cáncer de pulmón; sin embargo, no determina el riesgo específico a ocupaciones o por contaminantes químicos específicos.	SCOPUS
7	(Calvert et al., 2012)	C, E	PUBMED
8	(Siew et al., 2012)	B. C. D. E - El estudio evalúa incidencia. No evalúa riesgo de cáncer de pulmón.	BÚSQUEDA INVERSA
9	(Sun et al., 2002)	C, D, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
10	(Taylor, Wang, Wang, Dement, & Lipscomb, 2010)	C, D, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
11	(Finkelstein & Verma, 2005)	C, D, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
12	(Dement, Welch, Haile, & Myers, 2009)	C, D, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS

13	(Welch, Dement, & West, 2015)	C, D, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
14	(Robinson, 1999)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
15	(Dong et al., 1995)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
16	(Stern et al., 1995)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
17	(Stern & Haring-sweeney, 1997)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
18	(Engholm et al., 1987)	E- El estudio evalúa incidencia. No evalúa riesgo.	SCOPUS
19	(Normohammadi, Kakooei, Omid, Yari, & Alimi, 2016)	E - El estudio evalúa exposición ocupacional a sílica y riesgo de silicosis así como exceso de riesgo de mortalidad por cáncer de pulmón por dicha exposición, pero no cuenta con parámetros para determinar el riesgo relativo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
20	(Nij & Heederik, 2005)	C, D, E - El estudio recopila información de otros estudios para cuantificar la exposición y por literatura determinar el riesgo de por vida de cáncer de pulmón. No presenta datos para calcular el RR ni OR.	SCOPUS
21	(Tavakol et al., 2017)	C, E - El estudio no evalúa riesgo de cáncer de pulmón.	SCOPUS
22	(Tong et al., 2018)	C, E - El estudio evalúa el riesgo a la salud por exposición a sustancias en sitios de construcción, pero no evalúa el riesgo específico por cáncer de pulmón, ni aporta datos para calcularlo.	SCOPUS

23	(Bengt Jarvholm, 2014)	E - El estudio evalúa incidencia de mesotelioma pleural por ocupación en la construcción; sin embargo, no evalúa riesgo.	PUBMED
24	(Torén & Järholm, 2014)		
25	(Gustavsson, Jakobsson, Nyberg, Pershagen, & Järup, 2000)	B, D - El estudio evalúa exposición ocupacional y cáncer de pulmón. No discrimina ocupación o industria.	BÚSQUEDA INVERSA
26	(Hall & Rosenman, 1991).	E - Es estudio no proporciona información para calcular RR u OR. Evalúa mortalidad.	BÚSQUEDA INVERSA
27	(Timo Partanen, Virtanen, Pukkala, & Ylo, 2003)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	BÚSQUEDA INVERSA
28	(Koskinen et al., 2000)	E - El estudio evalúa incidencia y no riesgo de cáncer de pulmón.	BÚSQUEDA INVERSA
29	(Merlo, Costantini, Reggiardo, Ceppi, & Puntoni, 1991)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	BÚSQUEDA INVERSA
30	(Siemiatycki, Dewar, & Lakhani, 1989)	B, D - El estudio evalúa diferentes tipos de cáncer por 10 tipos de sustancias en diferentes ocupaciones. No es un estudio relacionado específicamente con el sector de la construcción.	BÚSQUEDA INVERSA
31	(Thuret, Geoffroy-Perez, Luce, Goldberg, & Imbernon, 2007)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no suministra información para calcular el riesgo de cáncer de pulmón.	BÚSQUEDA INVERSA
32	(Bengt Jarvholm & Sandén, 1998)	E - El estudio evalúa mortalidad y no riesgo.	BÚSQUEDA INVERSA
33	(O. Wong, Morgan, Kheifets, Larson, & Whorton, 1985)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no riesgo.	BÚSQUEDA INVERSA
34	(Hardt et al., 2014)	C, E - El estudio evalúa mortalidad y no riesgo.	BÚSQUEDA INVERSA

Anexo 4. Formato de Evaluación de la Calidad Escala New Castle Ottawa (Nos)

ESCALA DE NEWCASTLE OTTAWA PARA ESTUDIOS DE CASOS Y CONTROLES			
CATEGORÍA	PREGUNTA	JUSTIFICACIÓN	ARTÍCULO 2
SELECCIÓN Nota: Esta categoría tiene 4 estrellas. Si el artículo cumple con una celda sin estrella indica que hay posible riesgo de sesgo (aunque se deberían evaluar las demás categorías) En esta sección no puede haber dos o más celdas aprobadas para cada pregunta, es decir, cada pregunta tiene una sola opción de respuesta.	¿Es la definición de caso adecuada?	Requiere alguna validación independiente (por ejemplo > 1 persona/registro/tiempo/proceso para extraer información o referencia a la fuente de registro principal, como radiografías o registros médicos/hospitalarios) Decisión: Sí, con validación independiente Enlace de registro (por ejemplo, códigos ICD en la base de datos) o autoinforme sin referencia al registro primario. Decisión: Sí, por ejemplo, vinculación de registros o basado en autoinformes. Sin descripción	
	Representatividad de los casos	Todos los casos elegibles con resultado de interés durante un período de tiempo definido, todos los casos con un área de captación definida, todos los casos en un hospital o clínica definida, un grupo de hospitales, una organización de mantenimiento de la salud o una muestra apropiada. Decisión: Serie de casos consecutivos o obviamente representativos. No cumple con los requisitos de la parte (a), o no se establece Decisión: Posibilidad de sesgos de selección o no declarados	X
	Selección de los controles (Este ítem evalúa si la serie de control utilizada en el estudio se deriva de la misma población que los casos y, en esencia, habría sido casos si el resultado hubiera estado presente)	Controles comunitarios (es decir, la misma comunidad que los casos y serían casos si tuvieran resultados)	X
		Controles hospitalarios, dentro de la misma comunidad que los casos (es decir, no en otra ciudad) pero derivados de una población hospitalizada.	
		Sin descripción.	
	Definición de los controles	Si los casos son la primera aparición del resultado, entonces debe declarar explícitamente que los controles no tienen un historial de este resultado. Si los casos tienen una nueva aparición (no necesariamente la primera) del resultado, no se deben excluir los controles con ocurrencias previas del resultado de interés. Decisión: No hay historia de enfermedad.	X
		No hay mención de la historia del resultado, no hay descripción de la fuente.	
COMPARABILIDAD Nota: Esta categoría puede tener 2 celdas marcadas, es decir, puede tener 2 estrellas para la pregunta (siempre y cuando haya un grupo control para al menos un desenlace (primario) en función del grupo de casos y si existen más de un desenlace (outcomes secundarios), entonces vamos a marcar las dos celdas.	Comparabilidad de casos y controles en base al diseño o análisis. Se puede asignar un máximo de 2 estrellas en esta categoría. Tanto los casos como los controles deben coincidir en el diseño y/o los factores de confusión deben ajustarse en el análisis. Las declaraciones de que no hay diferencias entre los grupos o que las diferencias no fueron estadísticamente significativas no son suficientes para establecer la comparabilidad. Nota: Si la proporción de probabilidades para la exposición de interés se ajusta para los factores de confusión enumerados, entonces se considerará que los grupos son comparables en cada variable utilizada en el ajuste. Puede haber múltiples calificaciones para este elemento para diferentes categorías de exposición (por ejemplo, nunca vs nunca, actual vs. anterior o nunca).	Controles de estudio para _____ (seleccionar el factor mas importante)	X
		Controles de estudio para cualquier factor adicional (este criterio podría modificarse para indicar un control específico para un segundo factor importante).	X
EXPOSICIÓN Nota: Esta categoría tiene 3 estrellas. La primera pregunta puede tener una estrella. Si se ha recogido los datos de una historia clínica, se marca esa celda, pero si se ha hecho una entrevista, se marca esa otra. NO DEBEN EXISTIR más de una estrella en "Determinación de la exposición".	Determinación de la exposición	Registro seguro (por ejemplo, registros quirúrgicos)	X
		Entrevista estructurada donde se ciega al estado caso/control	
		Entrevista no cegada al estado del caso/control	
	Mismo método de verificación de casos y controles	Autoinforme escrito o registro médico solamente	
		Ninguna descripción	X
	Tasa de no respuesta	Si	
		No	
		La misma para ambos grupos	
		No se describe encuestados	
		Tasa diferente y sin designación	
TOTAL			7

Anexo 5. Referencias de los estudios incluidos en la revisión sistemática

ID	REFERENCIA
1	(Buiatti, D, & Fraumeni, 1982)
2	(Milne, Sandler, & Everson, 1983)
3	(Zahm, Brownson, Chang, & Davis, 1989)
4	(Burns & Swanson, 1991)
5	(Morabia, Markowitz, Garibaldi, & Wynder, 1992)
6	(Keller & Howe, 1993)
7	(Q. Wang, Parkin, & Kogevinas, 1995)
8	(Dong et al., 1995)
9	(Wiinsch-filho, Moncau, Mirabelli, & Boffetta, 1998)
10	(De Stefani et al., 1996)
11	(Jockel, Ahrens, Jahn, & Bolm-audorff, 1998)
12	(Bruske-hohlfeld, Mohner, Pohlabein, Ahrens, & Bolm-audorff, 2000)
13	(Consonni et al., 2010)
14	(Guida et al., 2011)
15	(Consonni et al., 2012)
16	(Consonni et al., 2015)
17	(Lacourt et al., 2015a)
18	(Vimercati et al., 2019)

Anexo 6. Cuadro extracción de datos

FORMATO EXTRACCIÓN DE DATOS	
ID	1
Título	Cancer in Illinois Construction Workers: A Study
Autor	J E Keller 1, H L Howe
Revista, Año	Am J Ind Med, 1993
País	Illinois, USA
Objetivo del estudio	Examinar asociaciones potenciales entre cánceres específicos y empleo en la industria de la construcción.
Diseño del estudio	Estudio de casos y controles
Medidas de resultado.	Registros: Casos del Registro Estatal de Cáncer de Illinois (ISCR). Cada registro contenía la siguiente información: nombre, dirección, raza, sexo, edad, empleo actual y
Instrumento utilizado	empleo de más larga duración, historial de consumo de tabaco e historial de consumo de alcohol.
Métodos de análisis	Los análisis preliminares consistieron en cálculos de odds ratios crudo (OR) con ajuste por consumo de tabaco, y OR con ajuste por consumo de alcohol. Las asociaciones con $p < 0.15$ se probaron con regresión logística, controlado por edad y consumo de tabaco.
Criterios de inclusión y exclusión	Los casos eran incluidos si el registro presentaba una de las siguientes entradas que identificara un empleo codificable específico (según el Sistema de Clasificación de Ocupación de la Oficina del Censo de los Estados Unidos de 1980): ocupación actual, industria actual, ocupación más larga de por vida o industria de más larga vida.
Duración del estudio	Diagnósticos entre 1986 y 1989
Participantes (muestra)	41% de los sujetos tenían datos de empleo codificables y un historial conocido del consumo de tabaco (34,441 de 84,009 sujetos). 34% de los sujetos tenían datos de empleo codificables y un historial conocido de consumo de alcohol (28,725 de 84,009 sujetos). Para cada cáncer, un conjunto de datos separado que consiste en todos casos del cáncer y una muestra aleatoria de aproximadamente el 10% de todos los demás tipos de cáncer se seleccionaron como casos (controles). El número de casos y controles empleados en la industria de la construcción civil diagnosticados con cáncer de pulmón fue de 1274 y 375 controles. Cabe aclarar que el estudio para el cáncer de pulmón, independiente de la ocupación tuvo 9887 casos con 3562 controles.
Características (Edad, sexo)	Sexo: Masculino (100%) Edad: La edad promedio de los trabajadores de construcción con cáncer de pulmón era de 63.8 en comparación con el promedio del grupo control que era de 64.4.

Resultados (RR, OR, CI)	<p>Los odds ratios para cáncer de pulmón y las ocupaciones de construcción, con control por edad e historial de tabaco es de:</p> <p>General construction (OR 1.18, CI 95% 1.02 - 1.36)</p> <p>Metal Working (OR 1.26, CI 95% 0.67 - 2.35)</p> <p>Welding (OR 1.68, CI 95% 1.03 - 2.76)</p> <p>Painting (OR 1.35, CI 95% 0.78 - 2.34)</p>
Conclusiones de los autores	<p>La edad media de los trabajadores de la construcción al momento del diagnóstico del cáncer de pulmón era consistentemente menor que los de otros sujetos.</p> <p>La asociación positiva entre la soldadura y el cáncer de pulmón y estómago sugiere que los soldadores son el subgrupo de trabajadores de la construcción más diferentes de los controles. Los soldadores que usan electrodos recubiertos están expuestos a humos de cromo, que han demostrado estar asociados con mayores riesgos de cáncer de pulmón</p>
Limitaciones del estudio	<p>Los registros de ISCR no recopila datos detallados sobre el consumo de tabaco, es decir no está ajustado para la magnitud o duración del consumo de tabaco y pese a que el cáncer de pulmón está asociado al consumo de tabaco y fue significativamente elevado, no se puede asociar como causante principal el tabaco.</p> <p>Otra limitación fue el bajo número de casos y numerosas clasificaciones laborales.</p>
Observaciones del revisor	<p>El artículo presenta datos para diferentes tipos de cáncer en trabajadores de la industria de la construcción civil; no obstante, se extrajo sólo la información referente al cáncer de pulmón en la industria de la construcción, de nuestro interés. Por lo anterior no es representativo la selección de casos y controles.</p>
